近年来国内多座已建、待建长大越江/跨海隧道工程技术关键的思考

孙　　钧

同济大学　隧道与地下工程研究所

上海市隧道股份公司院士工作研究室

2016年5月25日　·　上海市

大会官方网站：www.ibtcevents.com

2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会

时间：2017年5月24-26日　地点：中国·上海

参会咨询：18321877086

城市发展推动了沿江、沿海城市各种形式、不同规模的跨江/越海水下隧道的工程建设；

高铁、高速公路建设，又使我国中西部广大腹地长大公路、铁路隧道工程的蓬勃兴建。

这里，只限于对前者已遇到并较好解决了的若干关键方面，谈点粗浅认识。供请参考、 指正。

2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日 地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

讲演大纲

对若干技术关键问题的思考

一. 对业界最近多有议论的若干问题的认识

1. 早年，由于缺乏水下建隧的实际经验，在桥隧方案比选中，每多处于下风。例：

1） 江阴长江大桥； 2） 上海杨浦大桥；

3） 厦门海沧大桥； 4） 苏通大桥, 等等。

但， 泰州长江大桥、杭州湾大桥等选定桥梁方案则是合理的。

以往存在的制约因素，今天已一去不复返！！

2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日 地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

2. 为何在上海市区，贯通黄浦江两岸：

上游（市郊），均建桥梁（共12座），而：

下游（市中心城区），则以修建隧道（共约27座，含轨交地铁过江）为主 ？

2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日 地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日 地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

3. 为何沉管隧道多数选择在港口大城市的江河下游市中心城区修建，且最具其独特优势？（香港、九龙间越海例）

2017《第六届》国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日　地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

4. 对城市跨江/越海隧道建设若干技术关键的思考

1）使用功能发挥充分

（1）与路网规划相协调、两岸接线的顺畅性；

（2）洞内运营安全——交通管理（防火、塞车、追尾、不容许的车道变换引起擦碰）；

（3）长大、多车道隧道的运营通风和火灾排烟；

2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日　地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

（4） 绿色低碳，节能、减排、环保

LED 照明的高层次智能化——自动调光控制；

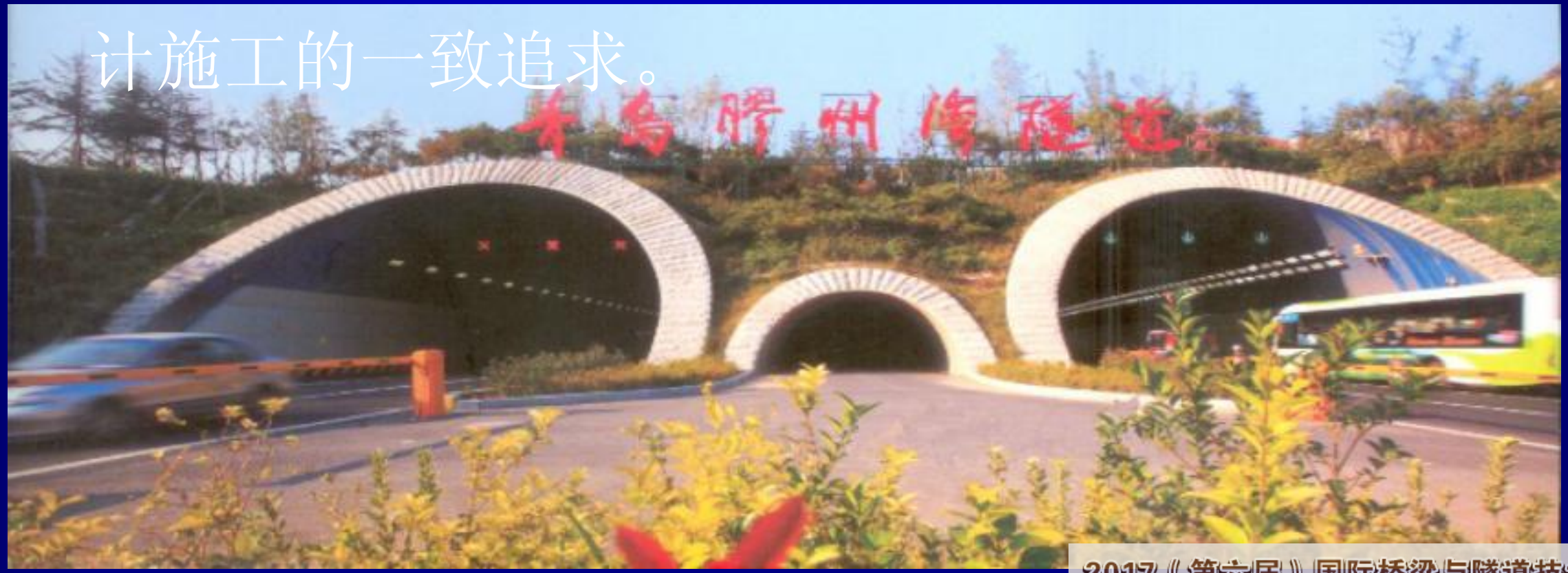
（5） 长隧道的防灾——“火警”与“火灾”的风险管理与控制（以中央控制室内预防为主，将灾害消灭于萌芽之初）。

高阻燃性防火涂料、边墙装饰板：搪瓷钢板的耐火性。

（6） 利用吸光材料在深夜时作洞内发光照明。

2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日 地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

安全、质量、功能、经济、耐久、美观，是设



2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日　地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

2） 工程质量保证

（1） 防排水：有别于越岭隧道

“以堵为主、限量排放”——海底隧道工程的渗水整治，是最重要、也是最薄弱环节之一。

（2）海洋环境条件下，海水和大气中CL^-腐蚀，对钢筋锈蚀的防护；洞内行车，汽车尾气碳排放（CO_2，CO）对砼保护层的碳化腐蚀；用普通水泥和常用粗细骨料拌制高性能海工砼（抗腐性强）；预应力钢筋的应力腐蚀、电气列车隧道内的电磁辐射对砼的腐蚀等等，均影响结构的耐久性。

2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日 地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

二. 修建过江/越海长大隧道工程的 10 问 10 答题

1. 桥、隧比选，是过水通道建设中一项永恒的话题。这里，含：

1）隧道是全天候通行，不受恶劣气候影响和制约吗？但两岸引接线却要受气候影响，尽管隧道内是 “全天候”通行，不仍然还是“白搭”？

2）隧道的造价要较桥梁一般均高出30% ， 甚或以上？

3）隧道的建设工期一般要较桥梁多[illegible]30%，甚或以上

2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日 地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

4）隧道日后的运营维护、检修费用一般要较桥梁高出30%，甚或以上？应该怎样理解国外说的“五倍定律”？

5）隧道的防灾风险是其致命的薄弱环节？怎样理解“火情”和“火灾”？

6）怎样理解长隧道的“通行条件”总是较桥梁为差？是车速80:100（km/h）造成的？

7）有否搞清江（海）床的地质、水文条件，是隧道施工成败、建设费用是否预算超支的关键要害。

8）桥、隧造价应结合两岸路网接线，动迁、拆迁等间接费用，以及运营养护费用等作统筹考虑——“全寿命使用周期”的经济问题。

2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日　地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

2. 长隧道要否增设“服务隧道”和“横向疏散通道”（指软土盾构隧道）？

3. 关于软基地层内的长大双线隧道，采用上、下分层，而成单洞四车道问题的商榷——扬子江隧道案例。

4. 修建海底隧道，在穿越浅滩段的饱水砂土地层时，其技术难题及解决对策——厦门翔安隧道案例。

5. 二手盾构用于另座新建隧道开挖掘进的可行性，以及“盾构再制造”问题—— 海宁钱江隧道案例。

6. 深厚软基大型沉管工程，采用挤密砂桩复合地基与PHC 刚性长桩的比选——港珠澳大桥岛隧工程案例。

2017《第六届》国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日 地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

7. 水道大回淤情况下，沉管柔性接头，在沉管落床、地基沉降基本稳定后，仍保留原先预应力束筋永置留存、通过接头而不再切断，形成“半刚性接头”的思考——港珠澳大桥岛隧工程案例。

8. 对深（圳）—中（山）珠江下游通道，采用桥隧结合、人工岛过渡方案的认识。

9. 赞海宁钱江隧道的几项施工特色。

10. 拟议兴建台湾海峡隧道的施工方案，及对其建设工期的估计。

2017《第六届》国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日 地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

对浅滩漫水段饱和流砂整治，先止活水、再固砂——厦门翔安海底隧道案例：

当隧道穿越地下水流速度快的富水流砂土层时，其降水、固砂的整治方案：

以厦门翔安海底隧道，过海岸浅滩沼泽地和近海富水流砂层时的整治经验为例，作说明：

（1）需穿越砂层的纵长大，～450 m；

（2）砂砾层与海水相沟连，且受潮汐影响，部分地下水又为承压水，海底地下水流速 > 2 m/秒；

（3）砂土渗透系数高，达 350×10^{-5} cm/秒；

2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日　地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

如沿用以往工程措施，经实践证实，其降水和加固土的效果都不佳，表现在：

* 直接就用深井降水，尽管井底落在砂层底面以下、并进入风化岩层，但因地下水流速快、砂子流动性大，动水的地下水位仍降不下来；
* 在降水使砂层固结的同时，用高压注浆泵向砂土压浆，但尽管浆压和注浆量都已用足的情况下，仍达不到在一般砂性土层内完成“渗透注浆”或“劈裂注浆”的理想效果；

2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日　地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

* 经分析认为，在降水和注浆之前，先必须封闭水流，使地下动水要事前先转变为静水。封堵措施采用了：在平面上施筑多道呈封闭成框型的地下连续墙（作为止水帷幕），先分段将流水隔断、使形成静水；再用深井（同时用它作为水位观测井）降水到砂层底面标高之下、直至进入风化岩内3m～5m 深度后止。地连墙的平面佈置见下图，其主体尺寸约为：650m×80m（外包在左、右主洞范围之外）。

2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日　地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com



图3-1　翔安端浅滩地范围

2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日　地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

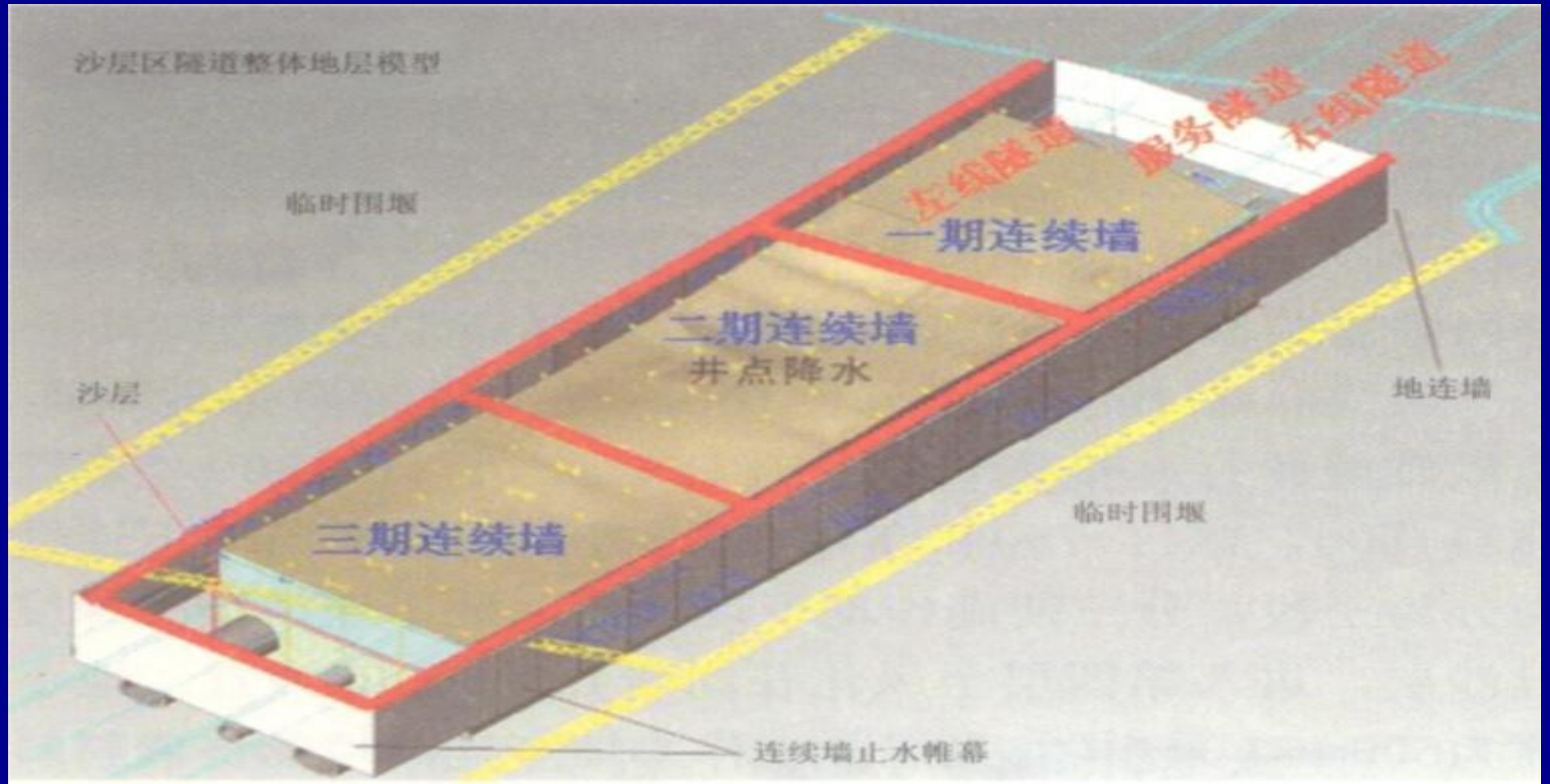


图3–3　翔安端富水沙层地下连续墙模型

2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日　地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

（4） 在主洞前方先打筑超前导洞，再在导洞作业面上钻设水平探水孔（每段长 >10m,再可接长），以了解经上项措施后的水量和水压，扩挖成洞后需增设防突水装置。要求做到开挖时作业面上已基本无水、砂层已呈稳定而不坍塌；必要时，再需加用超前小导管预注浆先作止水封堵，并在作业面上再用网喷砼做防渗、封闭；

（5） 为使隧道围岩支衬不渗、不漏，还要在锚喷后背以及二衬与初支喷混凝土层间作压浆填充，使与砂层间和初支层相互紧贴，形成密实的一体。

2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日 地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

3. 深中通道（深圳—中山）（方案已定）

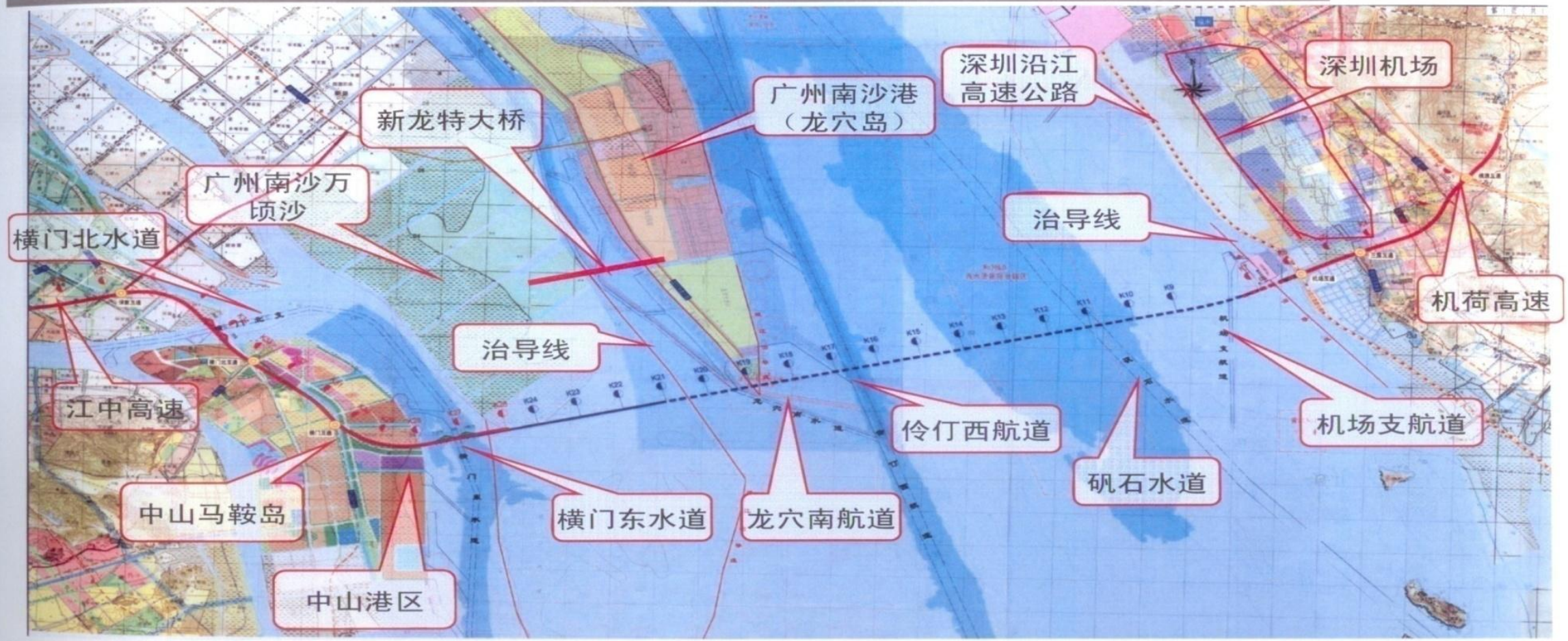
1） 客观制约因素：航空、港务、国防、珍稀白海豚保护；

2） 15km 长隧沉管方案的问题和修建可行性；

3） 桥隧结合（东隧西桥）、人工岛过渡方案的优缺点分析。

2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日 地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

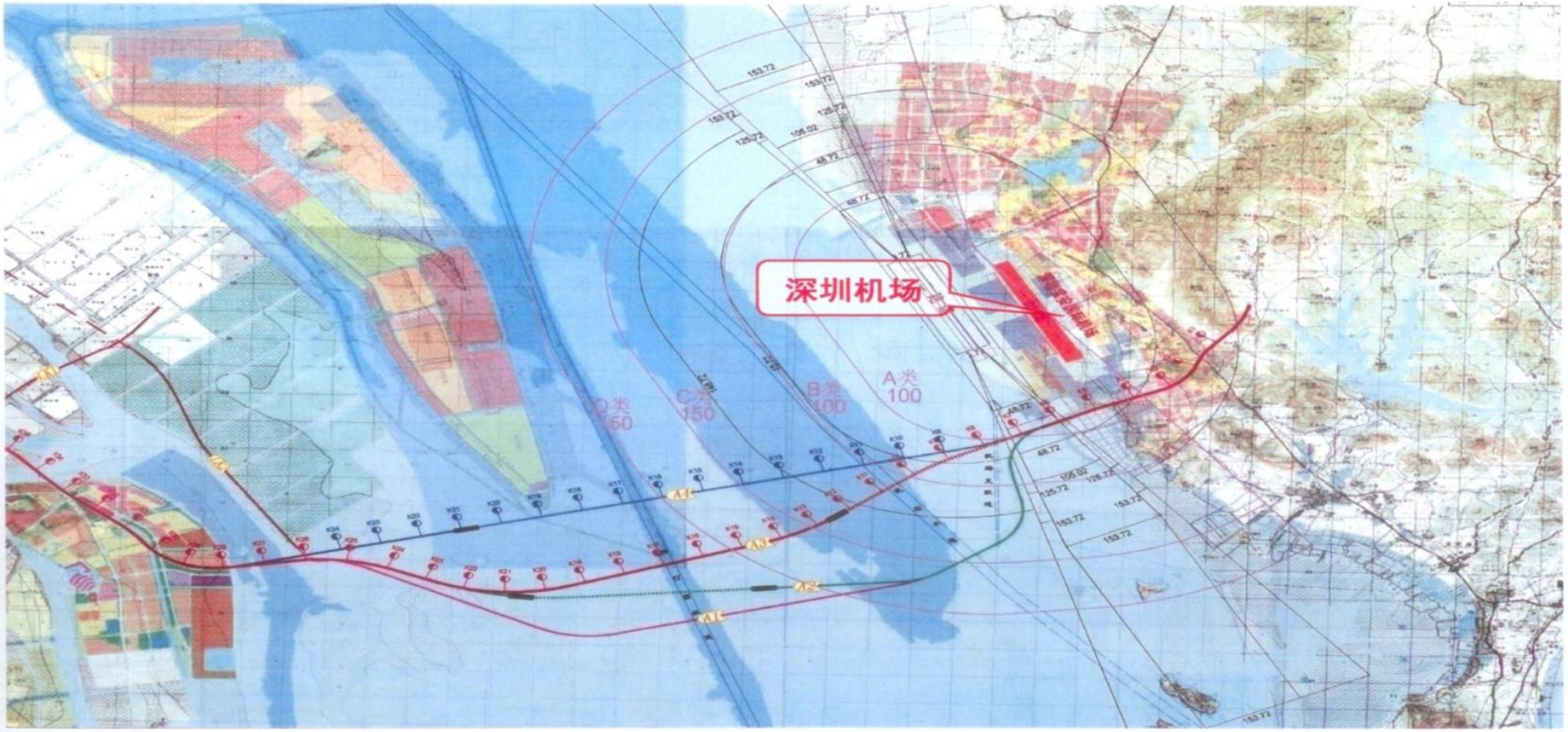
2.2 工程控制点



深广中跨江通道工程东起深圳宝安区西乡，机荷高速向西跨过广深高速公路，从深圳机场南侧，修建东人工岛入海，下穿沿江高速、机场支航道、矾石水道、伶仃[illegible]水道，到达中山马鞍岛。

2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日　地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

2.3 航空限高

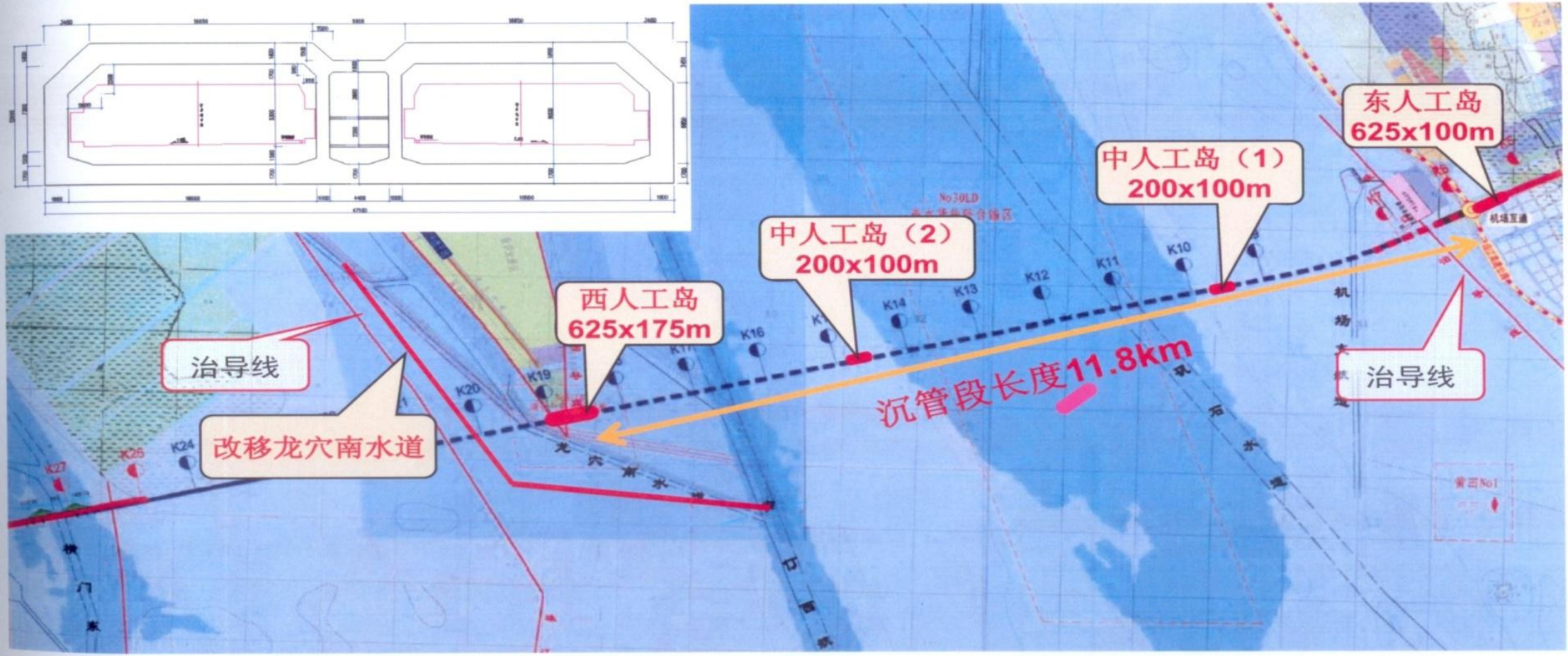


深圳机场根据离机场的距离远近分A、B、C、D四类的航空限高要求。

2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日　地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

6.2 全沉管法方案

平面布置

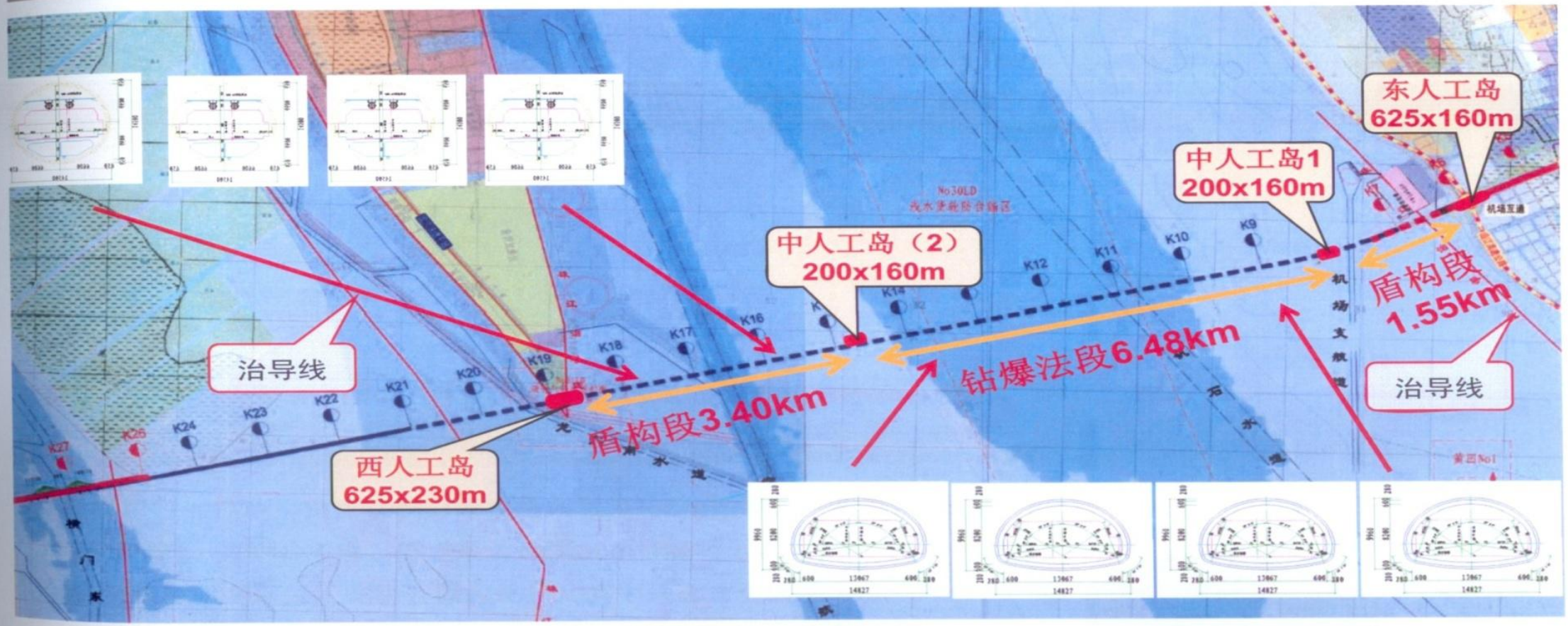


全沉管法方案隧道全长13.08km，其中沉管段长度11.8km（管节66x180m），需永久改移龙穴南水道。

2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日　地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

钻爆法+盾构法组合方案

平面布置



根据地质条件，隧道中部地质条件较好时采用钻爆法处理，该段长6.48Km；两端与人工岛连接段改为盾构法，两端盾构长度分别为1.55、3.4km。

中间两个风井施工期间可以作为钻爆法施工工作井以及盾构吊出井。

2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日　地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

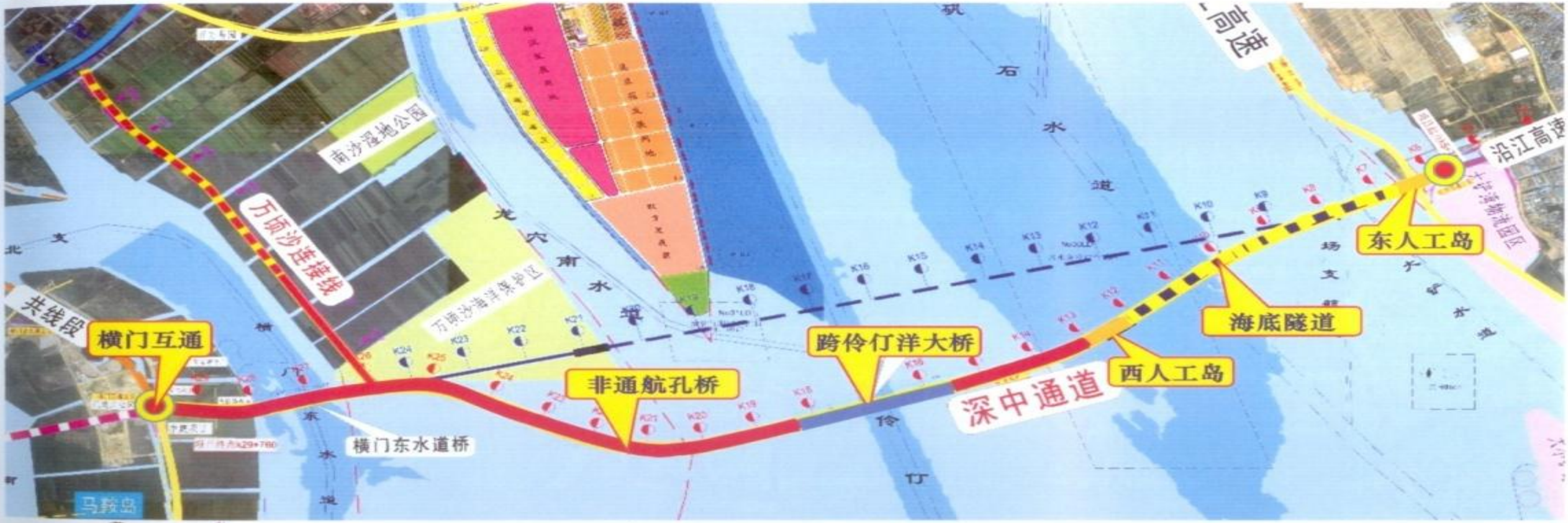
工程方案综合比选原则及成果—长隧与桥隧比选

线位方案		A3东隧西桥方案	A4-1长隧方案	A4长隧方案
1	隧道长度	6700m	13140m	14800m
2	风险等级	以Ⅰ、Ⅱ级风险为主，无Ⅳ级风险	以Ⅲ、Ⅳ级风险为主，其中Ⅳ级风险9项，主要为超长隧道的设计、抗震、环境影响、运营救援等	
3	全寿命成本（亿元）	301亿	446亿 较A3多145亿	453亿 较A3多152亿
4	工期	68个月	86个月	
5	结论	推 荐	比 较	比 较

长隧方案风险等级高、可控性差、工期长、造价昂贵，A3东隧西桥方案风险可控，规模适度，环境影响小，位均推荐A3方案

2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日　地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

（七）推荐工程方案简介—A3线东隧西桥





2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日　地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

4.2 桥梁通航尺度满足广州港长远发展---代表船型

2012年7月13日，省厅组织召开了通航标准专家论证会，确定了伶仃水道通航孔代表船型、通航水位、净空高度和隧道安全航深。**代表船型同港珠澳大桥。**

伶仃水道通航净空尺度

通航孔所在航道	通航吨级（t）	净空高度（m）	净空宽度（m）	隧道安全航深	备注
伶仃水道	200000	73.5	1520或1100+300或930	-29m	（满足73.5m高度范围取680）
	10000	44.0			
	3000	24.5			

◆伶仃西航道:规划为30万吨级油轮和20万吨级集装箱船双向通航;兼顾22万吨级邮轮及10万吨级航母

◆伶仃西航道桥梁净空尺度能满足所有代表船

2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日　地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

附表——国内外主要航运通道桥梁通航净空尺度表

序号	桥梁名称	国家	主跨	通航净空	按海平面起算净高	备注
1	明石海峡大桥	日本	1991	1500×65		
2	大贝尔特桥	丹麦	1624	--×65		曾通航最大邮轮
3	厄勒海峡大桥	瑞典-丹麦	490	--×57		
4	博斯普鲁斯一桥	土耳其	1074	400×64		曾通航瓦良格号航母
5	博斯普鲁斯二桥	土耳其	1090	400×64		
6	墨西拿海峡大桥	意大利	3300	600×60		
7	金门大桥	美国	1280	600×67		
8	旧金山-奥克兰海湾桥	美国	704	--×64		
9	巴拿马运河三桥	巴拿马	530	365.5×75	75.3	连接两大洋
10	仁川大桥	韩国	800	625.5×74	74	净高从平均海平面算起
11	昂船洲大桥	中国香港	1018	--×68.5	73.5	
12	青马大桥	中国香港	1377	--×62		
13	港珠澳大桥（全桥方案）	中国	718	622X73		
14	苏伊士运河桥	埃及	440	440x70	70	亚欧运输枢纽
15	深中通道伶仃航道桥	中国	1180	1180×73.		

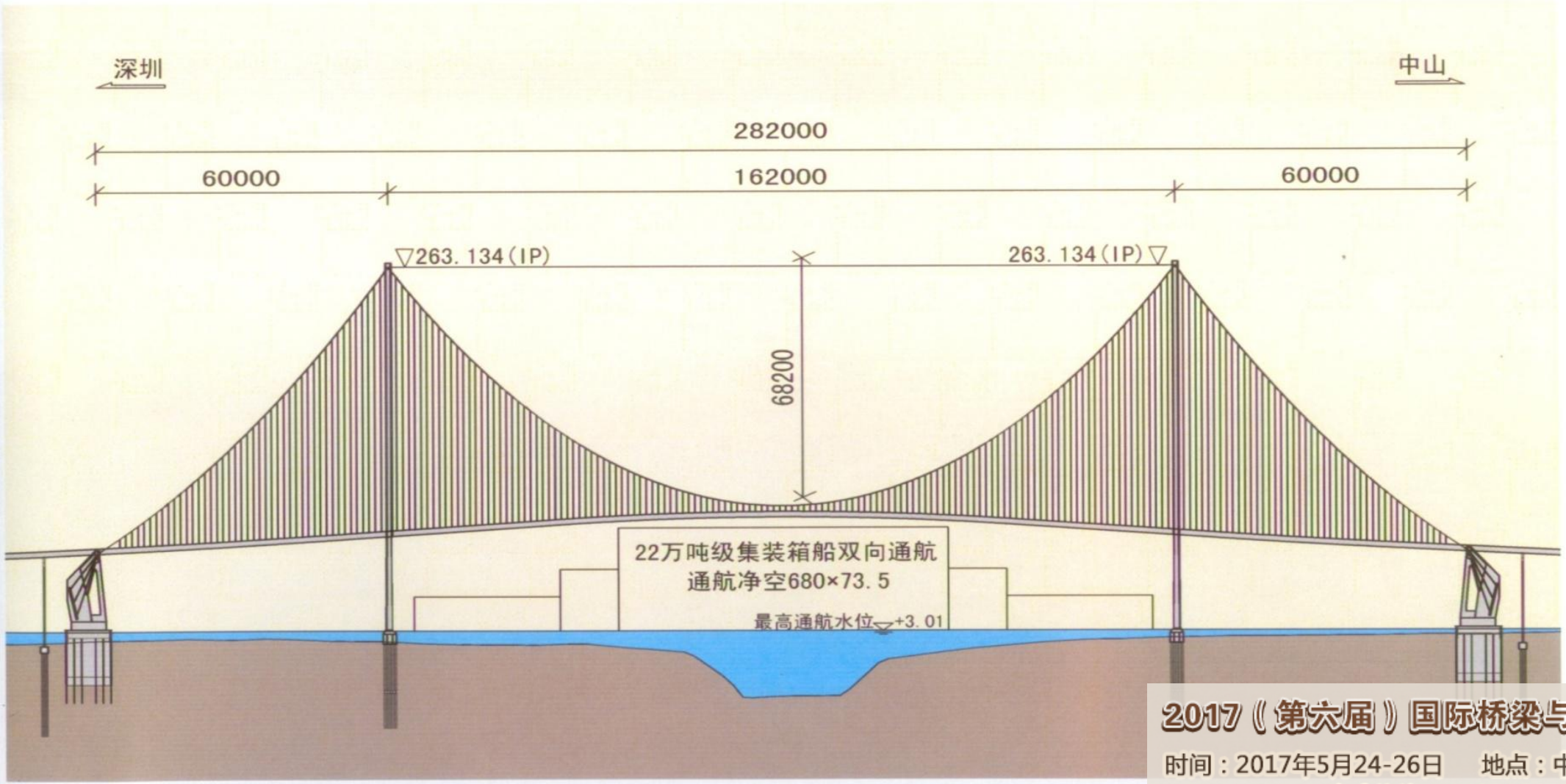
尼米兹号航母：舰长：332.9米，舰宽：40.8米，轻载吃水线以上舰高88米，排水量10万吨。

此可见：伶仃水道若采用桥梁方案，亦能满足通航及航空限高之要求。

2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日　地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

4.3 通航安全影响论证

伶仃航道特点：航道窄、深，243m底宽，如沟里行船，大船出航道即搁浅；伶仃西航道桥梁方案对通航安全影响很小。



2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日　地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

4.　台海隧道（建设方案）（待建）

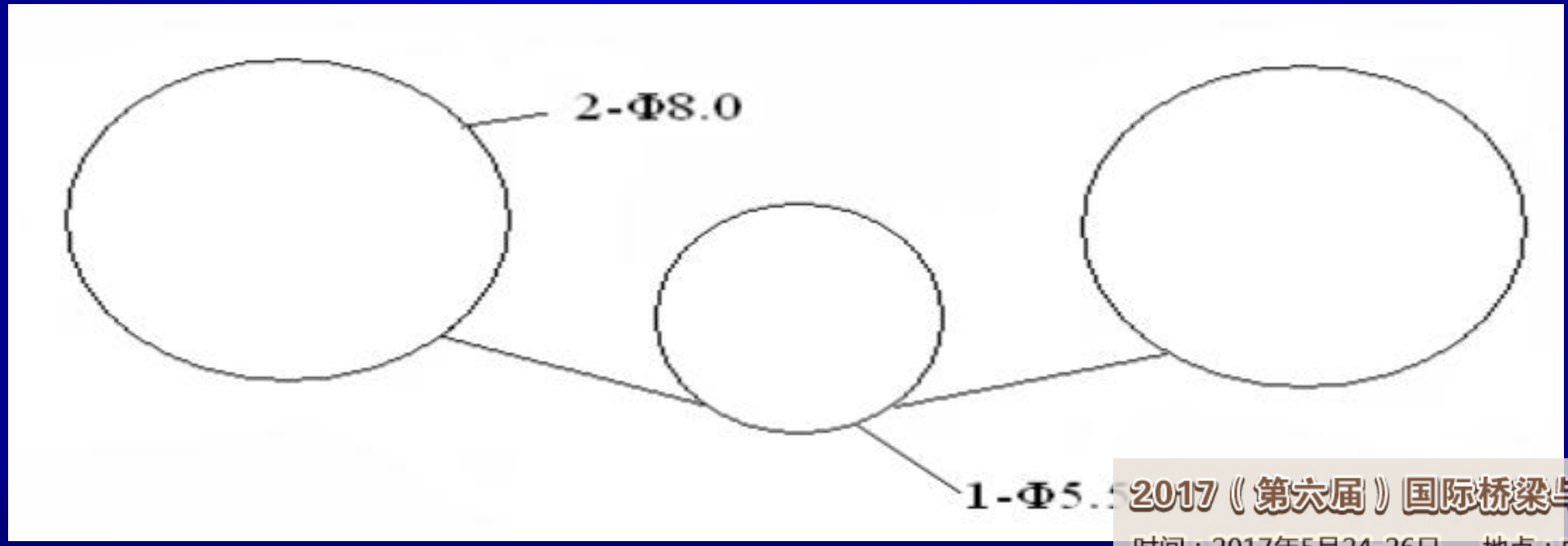
1）　桥、隧方案比选

2）　优选铁路隧道，汽车背驮过海
　　（英法海峡隧道例）

3）特长隧道施工方案与工期

2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日　地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

服务隧道居上、下行主隧道的中间偏下位置，使便于主洞中清洗污水的排放，在服务隧道最低位置处设置地下泵站；像这种特长隧道将在隧道中部、由下向上直至洞口设置不少于12～15座的接力式地下泵站。服务隧道对特大隧道言，增加施工作业面、做到“长洞短打”，并作地质探洞，是不可或缺的。



2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日　地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

台海隧道横断面布置的不同方案

方 案	铁/公路 隧道类别	主隧道车道数	主隧道个数/TBM 外径	服务隧道位置/ TBM外径
1	高铁	上、下行 双线、双洞	2－Φ11.5m	中间偏下/Φ7.0m
2	**高铁**	**上、下行 单线、双洞**	**2－Φ8.0m**	**中间偏下/Φ5.5m**
3	高铁	上、下行 单线、单洞 混行	1－Φ11.5m	一侧偏下/Φ7.0m
4	高速公路	双洞、双线 各2车道	2-Φ11.5m	中间偏下/Φ7.0m

以TBM为主、钻爆法为辅，作施工主体方案的优化

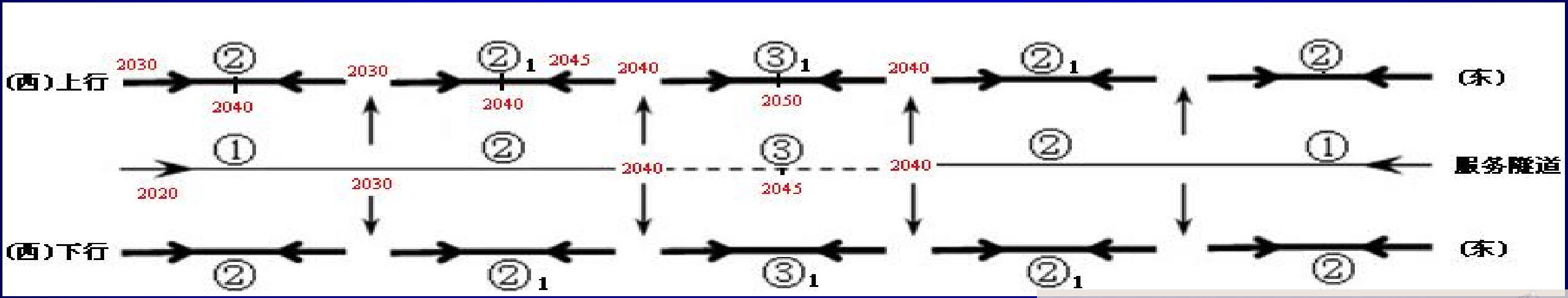
大会官方网站：www.ibtcevents.com
2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日 地点：中国·上海
参会咨询：18321877086

如上述，设以某年为筹划建设的起始年，则粗略设想的工程进度——施工组织安排，将大体是：

小洞 250m/月

大洞 150m/月（TBM 洞内拆卸、组装）

（指成洞，含洞类设备安装完成）



施工平面图

大会官方网站：www.ibtcevents.com
2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日 地点：中国·上海
参会咨询：18321877086

施工组织（工期）安排表*

进度阶段	工期年限（年）	服务隧道（先行，单头独进）	上、下行主隧道（同时作业，双头对打）
①	2020～2030（筹划）	东、西外口段，单头 2×①	————
2/②$_1$	2030～2040/2045	东、西进深段，单头 2×② 2△×①	东、西 外口段，双头对打 2×② 进深段，双头对打 2×②$_1$（滞后 5 年）
③	2040～2045	中央段，双头对打 1×③	———— 4×②
③$_1$	2040～2050		东、西中央段 2×③$_1$（滞后 4×②$_1$（滞后5年）

* 中间3个区段主隧道的工期较之服务隧道均需滞后各5年；

△ 表中的数字，有1，2，4等字样，指同时平行作业的区段数。

台海隧道是海峡两岸中国人有朝一日终究要圆的中华隧道梦！

2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日 地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

5. 港珠澳大桥岛隧工程（正建中）

1） 沉管隧道方案拟定

2） 筑岛围护

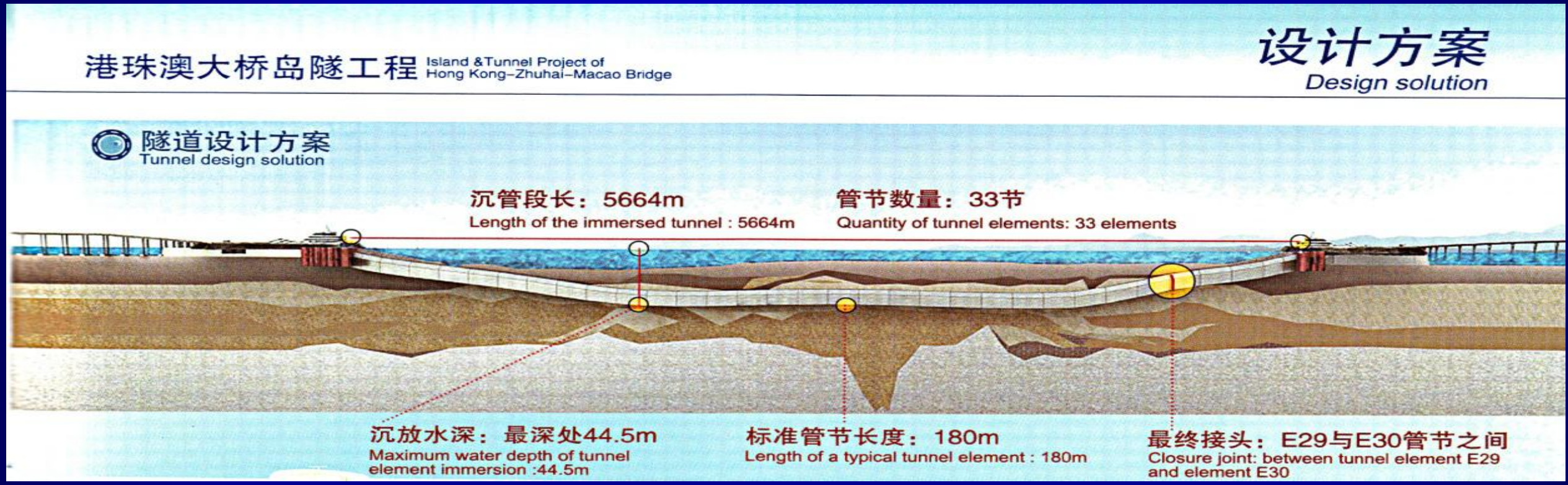
3） 软基处理——挤密砂桩复合地基

4） 水道大回淤条件下，管节预应力索筋不再

切断的处治

2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日 地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

沉管隧道纵剖面示意



2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日　地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

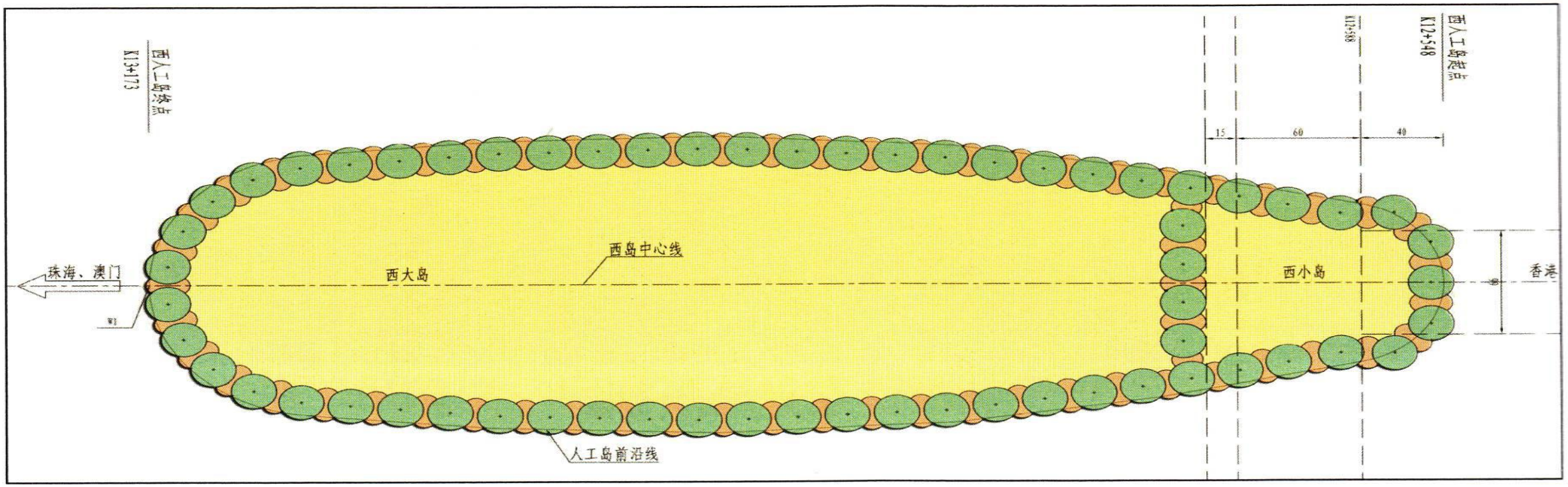


图4.2-3 西人工岛钢圆筒布置示意图

人工岛钢圆筒围护结构布置
（右端圈内为沉管暗挖段）

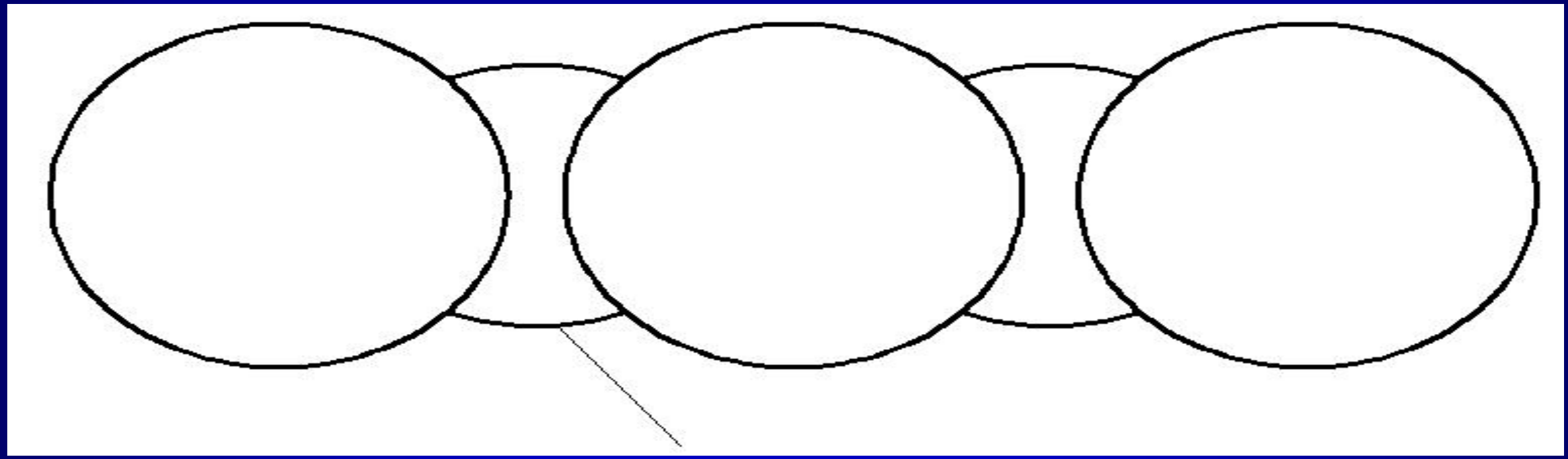
2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日　地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com



钢圆筒

大会官方网站：www.ibtcevents.com

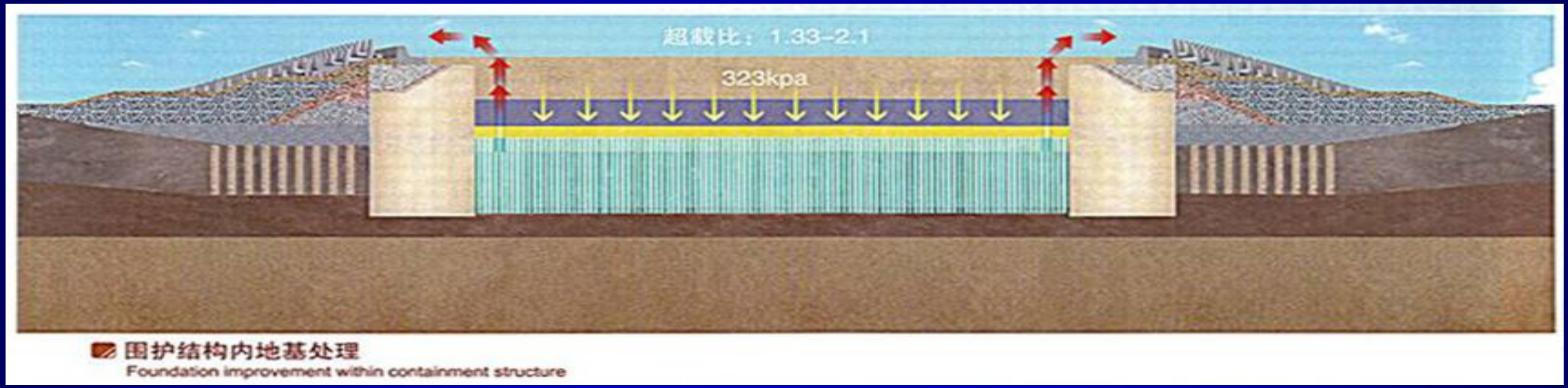
2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日　地点：中国·上海
参会咨询：18321877086



①弧形钢板桩形成止水副格



2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日　地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

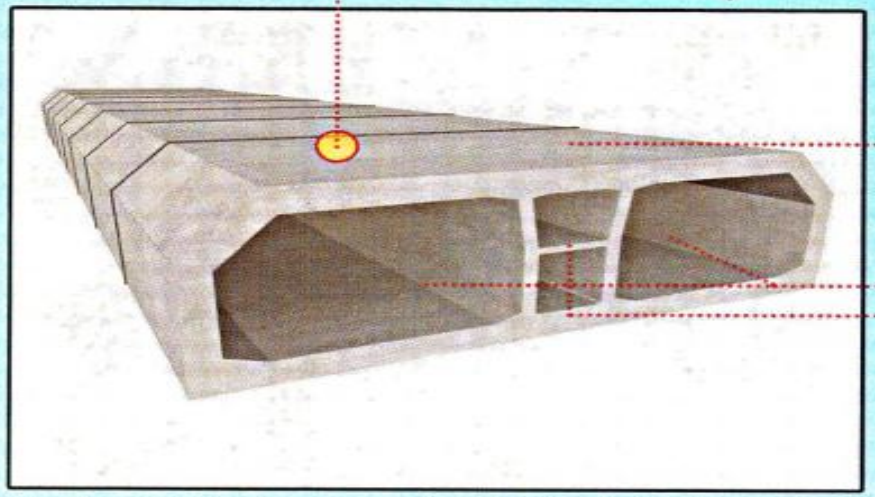


围护结构内挤密砂桩地基处理

2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日　地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

主体结构：C45自防水混凝土，56d强度C50，抗渗等级P12

Main structure : C45 water proof concrete, concrete strength of 56 day reaching the strength of concrete C50, anti-permeability level P12



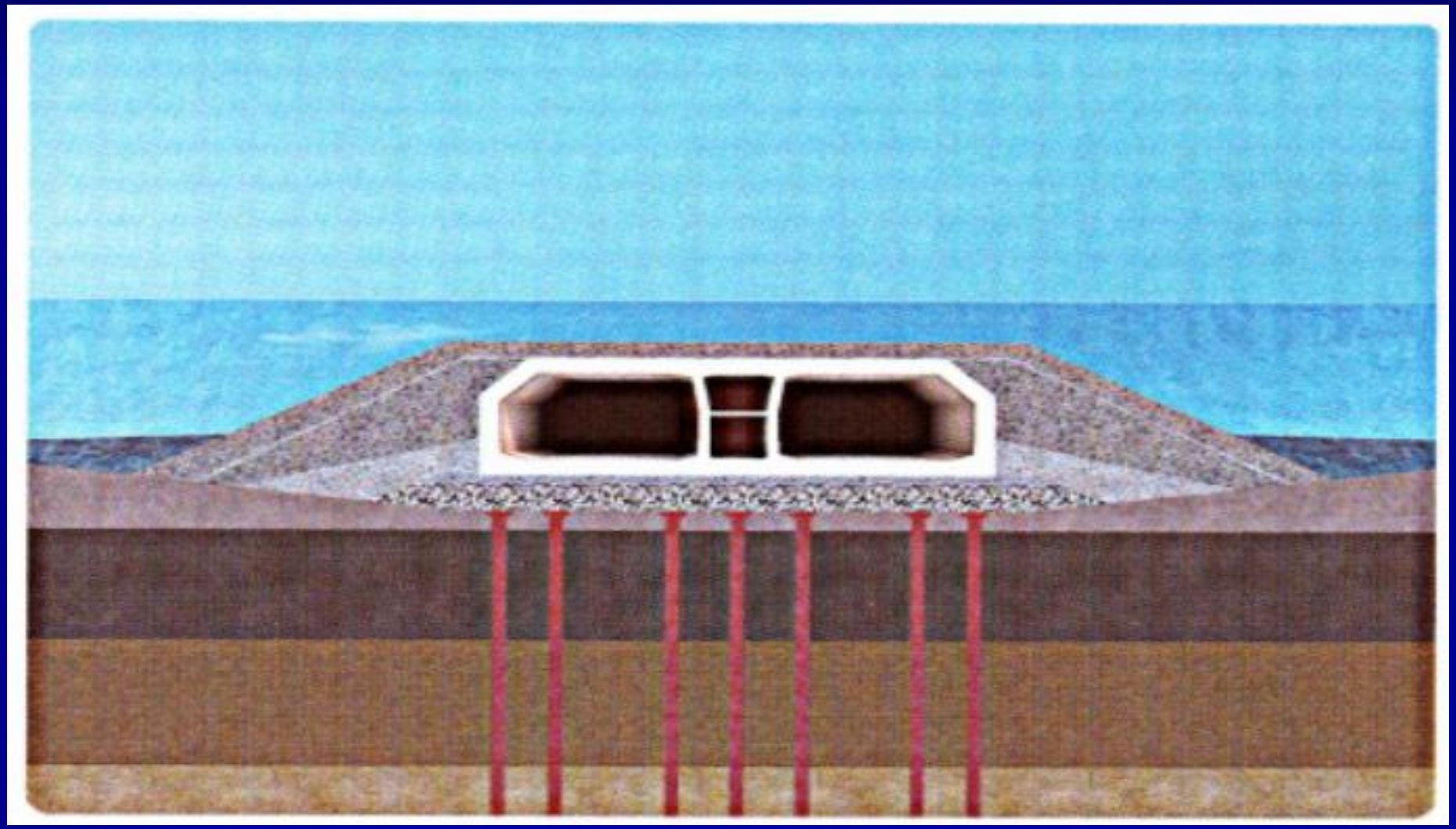
标准管节构造：节段式管节 8 x 22.5m

Structure of typical tunnel element: segmental tunnel element 8 x 22.5m

管节断面：两孔一管廊 Section of tunnel element: two-bore and one middle gallery

沉管结构横剖面示意

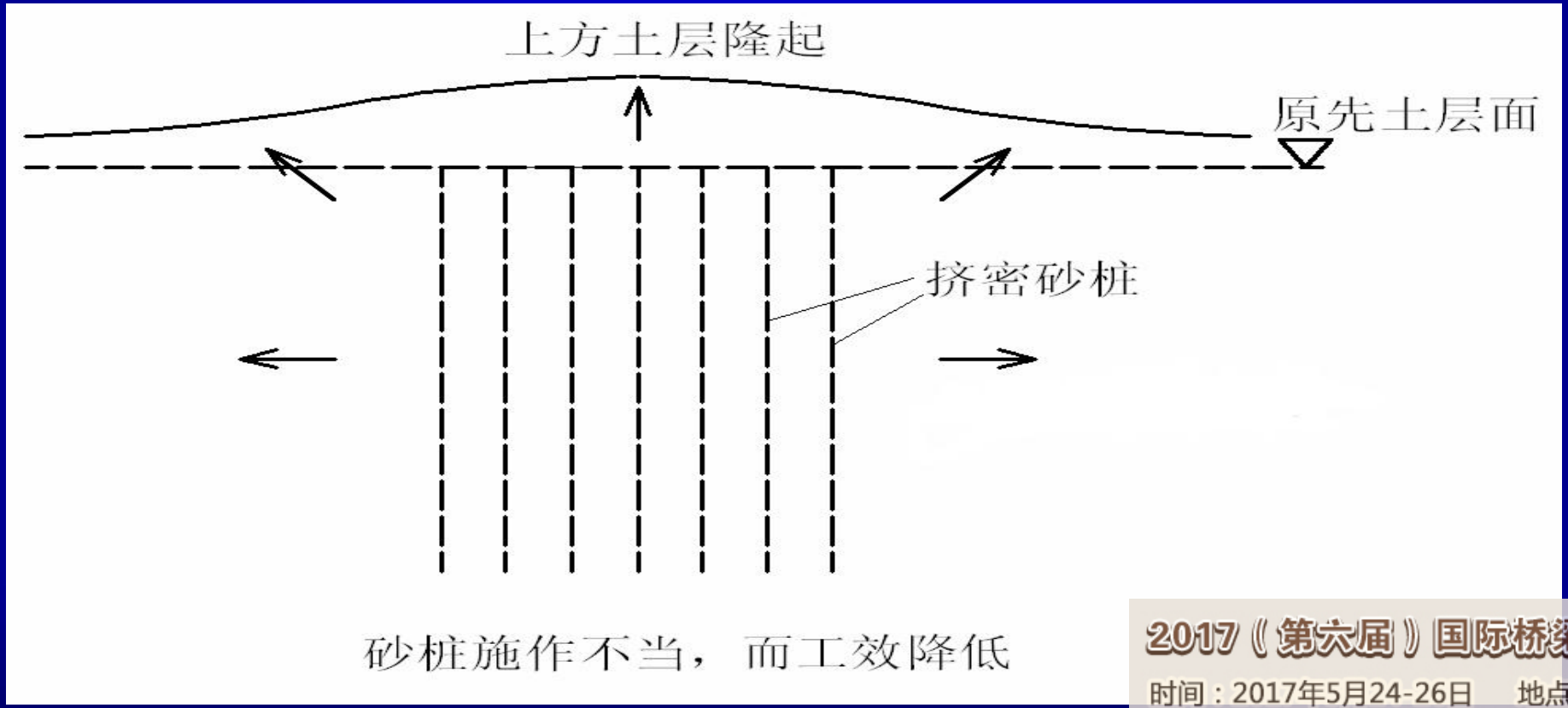
2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日 地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com



深厚软基刚性钢管桩沉管基础
（现在大部分已改用挤密砂桩复合地基）

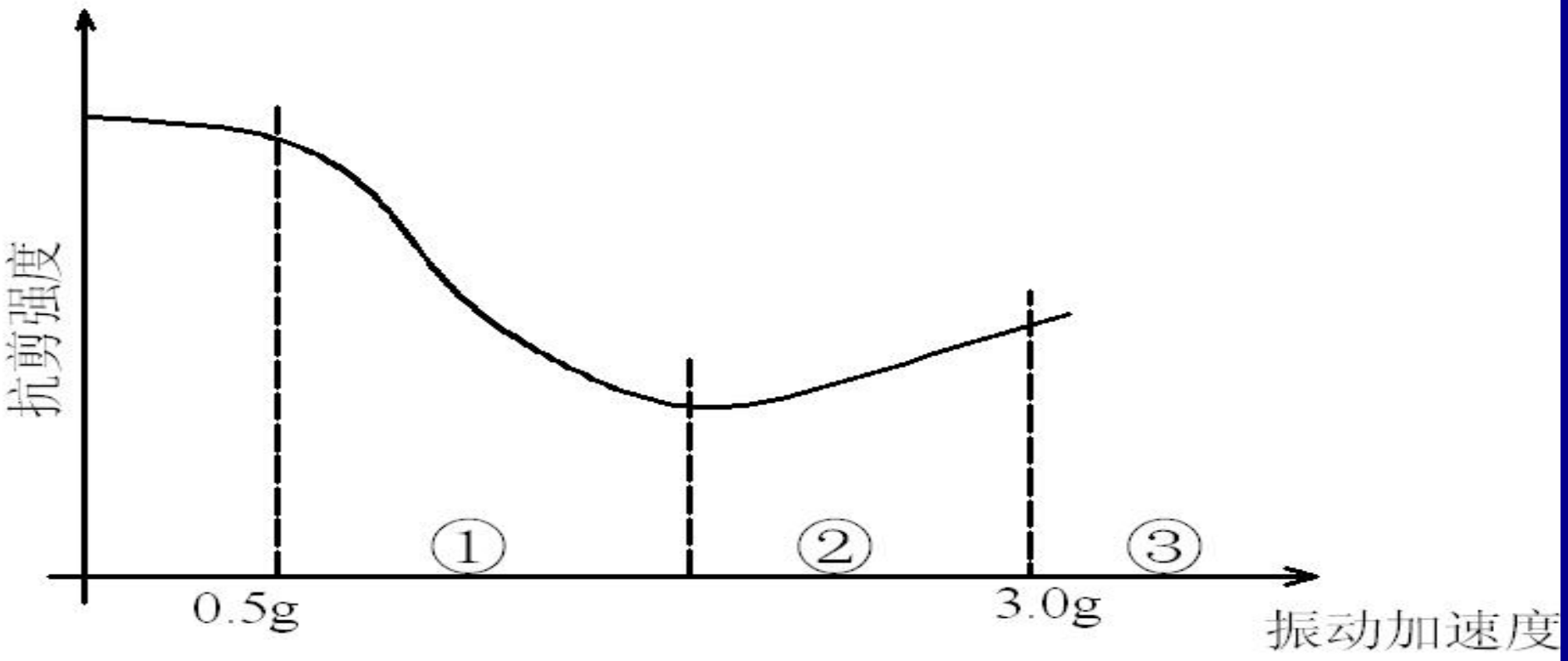
2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日　地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

用新灌砂法充填、挤密原先砂土，灌砂也不能过量、过度，否则会使砂土向两侧走移、向挤密区的左右挤出，并向土层表面隆起。如发生这种现象，将大大降低地基加固效果。



砂桩施作不当，而工效降低

2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日　地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com



图中：① —— 挤密区；
② —— 液化流态区；
③ —— 剪胀破坏区。

待孔压历时逐步消散后，砂土有效应力往

2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日　地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

挤密砂桩配置用表

	置换率（%）	砂桩打设深度（m）	桩径（Φ，m）	桩间距（m×m）	说明
堆载区	40～70	25～35	1.5～1.7	1.8×2.2	部分区段另加打大直径的排水砂井
非堆载区	55～65	～35	1.5	1.8×1.8	

堆载预压采用5mm～80mm粒径、不同级配碎石；两侧和局部区域回填防台/防冲刷块石或混凝土块加固。

2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日　地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

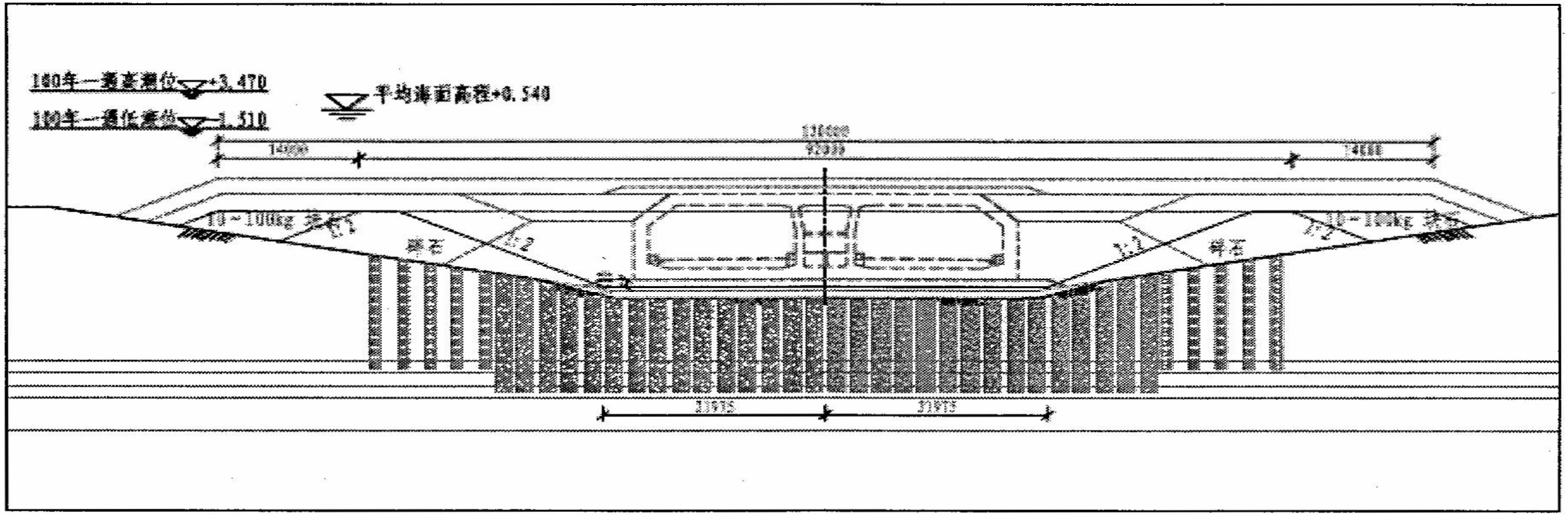
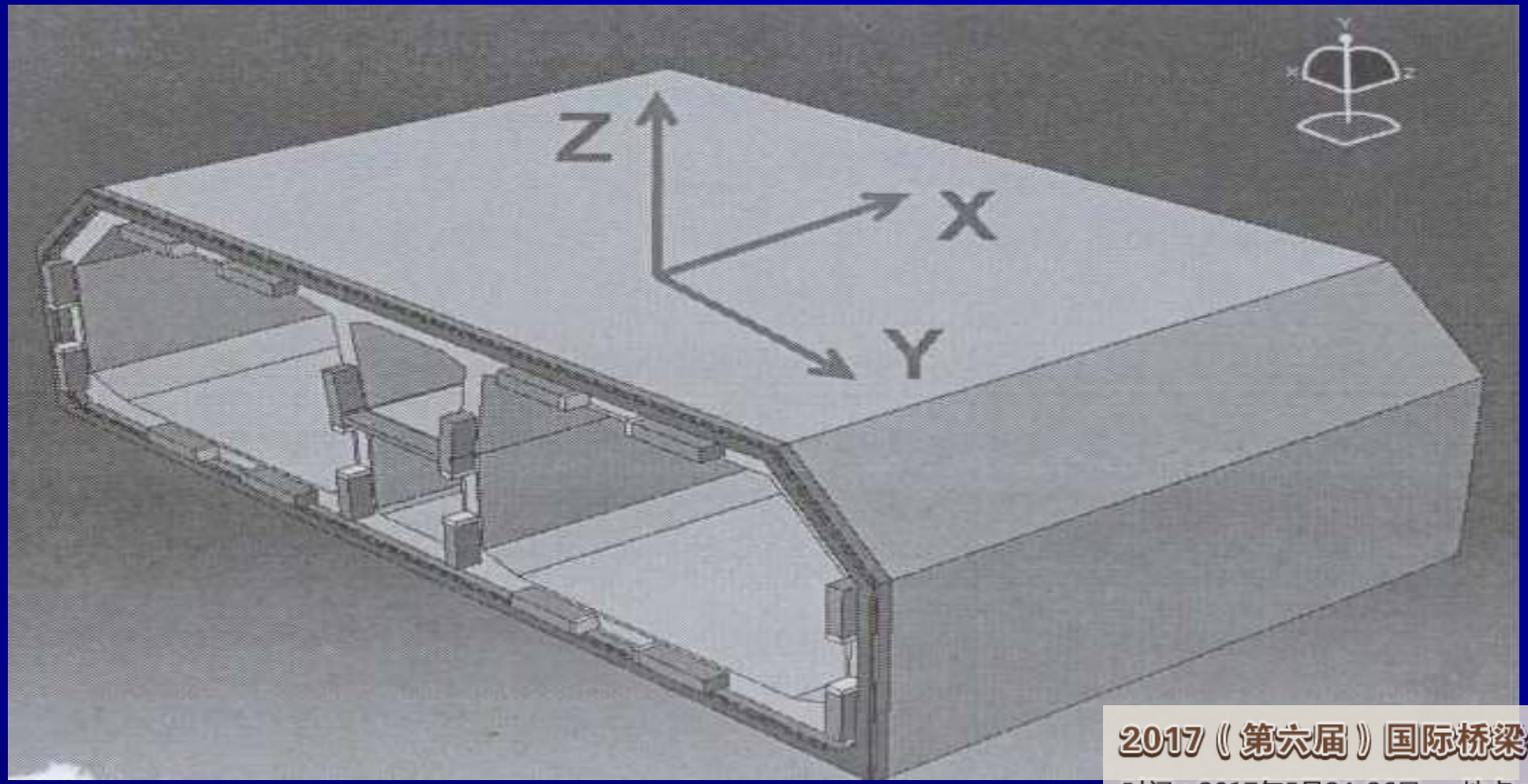


图5.7-9 E1-S3～E4-S3管节段堆载预压卸载开挖典型断面示意

岛隧过渡段沉管地基开挖、砂桩、（堆载预压、开挖卸载）、沉管落座、回填断面示意

2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日　地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

管节/管段大、小接头剪切键布置



2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日　地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

GINA止水带（天然橡胶）— 管节大接头止水

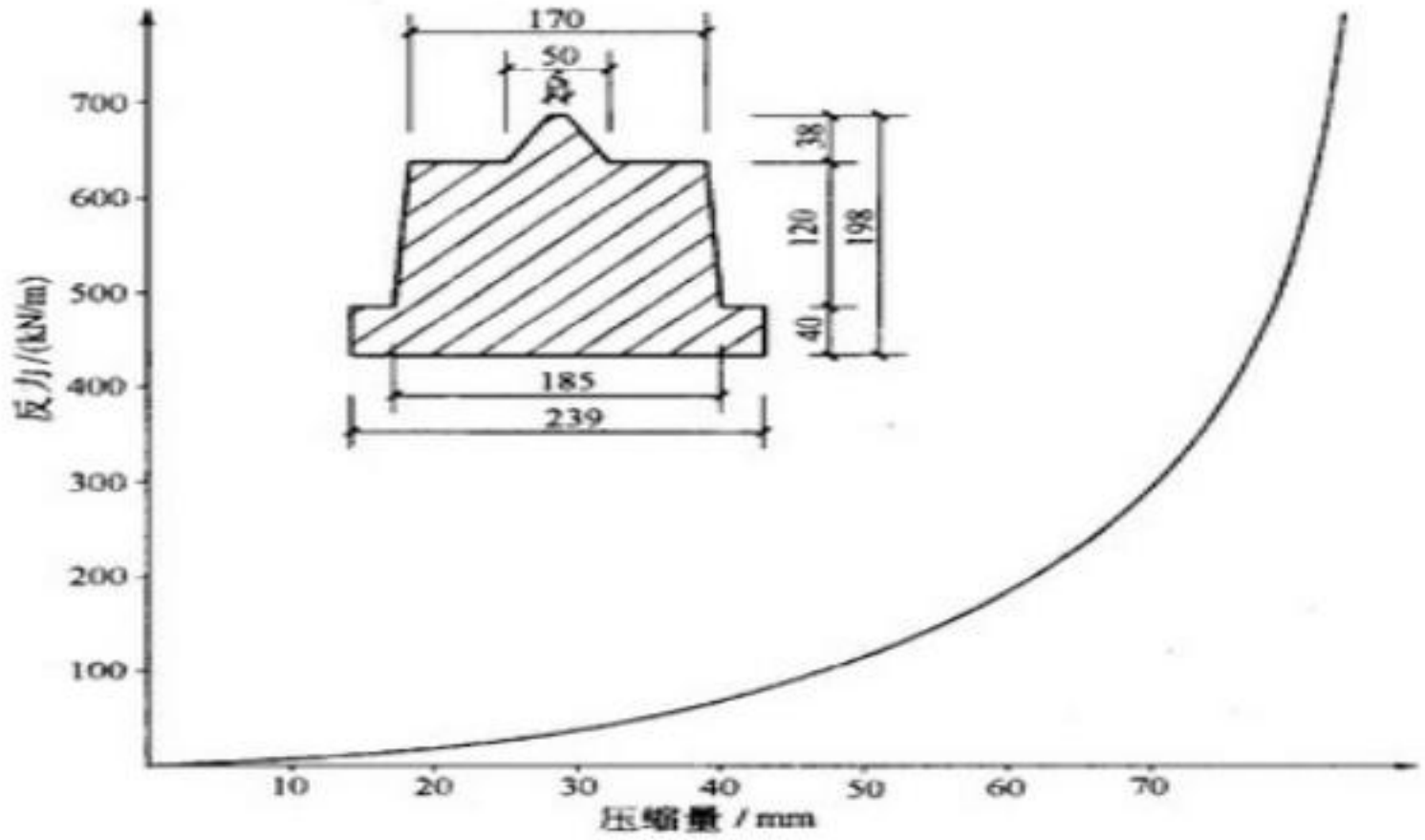
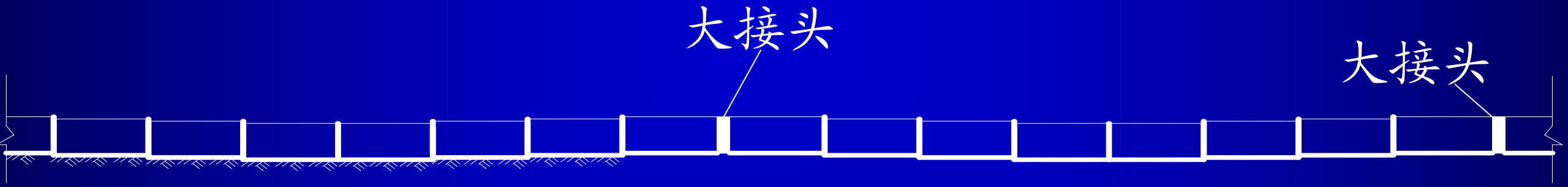


图 5.41 荷兰 VREDESTEIN 的 G125-89-60 型 GINA 橡胶止水带理论力-压缩量曲线(长度单位:mm)

此处GINA的最大设计压缩量，达122mm；而变形后仍需保留的最小残余设计压缩量，为82mm

2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日 地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

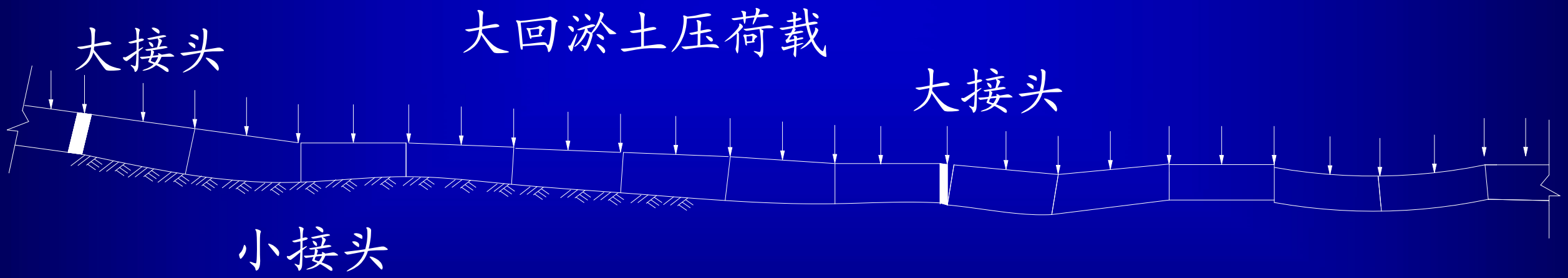
一般情况下，管段间采用柔性小接头：待地基沉降基本稳定以后，将大管节内的预应力索筋全部切断。此时，管节适应地基差异沉降的情况很好。



22.5m/管段 × 8段=180m/管节

2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日　地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

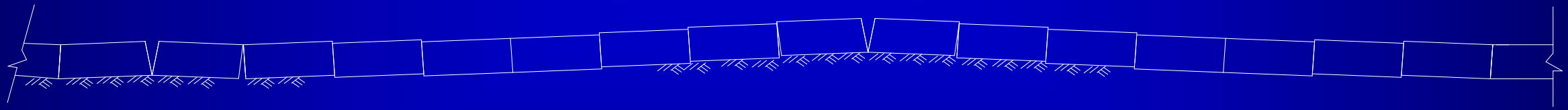
但，此处在大回淤荷载条件下，如仍沿用管段柔性小接头，必将导致管段接头拉开、张角扩大和因管段小接头处剪切变形过大而错动，产生渗漏。



2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日　地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

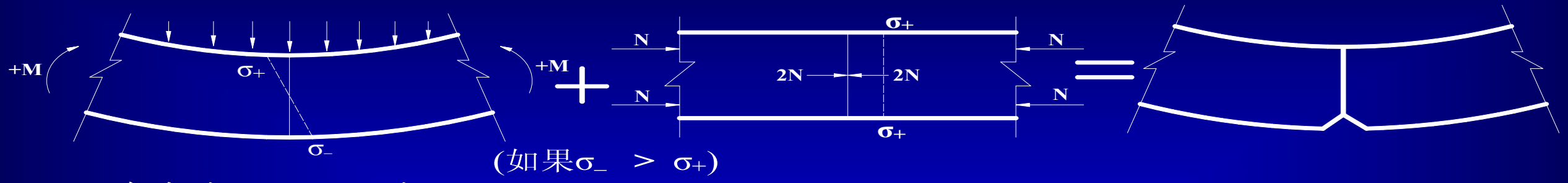
如设计的管段小接头刚性过大，将导致整个管节的沉降变形向管节大接头一处集中，致使GINA止水带被拉开、接头张角过大和剪切键变形位移大、甚至剪断，产生接头处突、涌水破坏。

大接头破坏　　大接头破坏



管段小接头刚性过大后，将不能调节、均衡和适应地基不均与沉降，导致管节大接头变形过度而破坏。

2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日　地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com



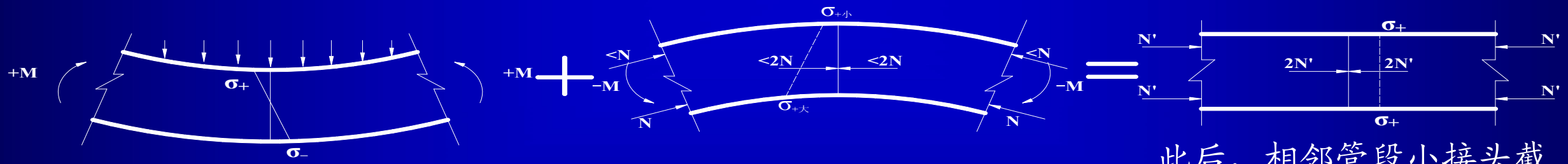
(如果σ_ ＞ σ+)

荷载产生+M，管节下凹，
下缘承拉。

如上、下预应力为均衡施加，则只产生轴压力2N 。

相邻管段间的小接头被拉开，而渗漏水。

经过及时切断截面顶板（上缘）处的部分预应力筋以后，则



(同上图)

截面下缘预应力σ+将＞上缘预应力σ+；此时截面产生人为的-M，可通过计算使上面两图的+M与-M做到相互平衡和对消。

此后，相邻管段小接头截面原先下缘有拉开处，将重新闭合；经调整后，截面上、下缘的预压应力又重新趋于新的平衡，接头恢复安全。

2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日　地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

其它，诸如：业界关注的琼州海峡、渤海湾等待建过海通道的桥、隧方案优选与问题；正建中的大连湾和汕头市苏埃隧道；以及已通车的海宁钱江隧道、湘江隧道与南京纬七路过江隧道、南京纬三路长江隧道（扬子江隧道），等等，不一而足。此次限于时间，未及逐一介绍。请谅。

2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日　地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com

谢谢！



2017（第六届）国际桥梁与隧道技术大会
时间：2017年5月24-26日　地点：中国·上海
参会咨询：18321877086
大会官方网站：www.ibtcevents.com