

沉管隧道设计施工手册 设计篇

中国交通建设股份有限公司

科学出版社



沉管隧道设计施工手册

设计篇

中国交通建设股份有限公司



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书分为技术篇与案例篇两部分，技术篇依托港珠澳大桥岛隧工程沉管隧道的设计工作，详尽介绍了沉管隧道规划、设计、施工各个阶段所需要调研的项目，沉管隧道的构筑物设计中，所需要进行性能审核的基本事项，沉管隧道施工方法及需要特别注意的方面，以及沉管隧道设备管理等内容。案例篇整理了多个沉管隧道工程项目的设计案例。

本书可供高等院校道路工程、土木工程等专业师生，以及相关专业技术人员参考使用，为今后类似的沉管隧道设计、施工工程可提供参考和借鉴。

图书在版编目(CIP)数据

沉管隧道设计施工手册. 设计篇 / 中国交通建设股份有限公司编. —北京: 科学出版社, 2019.2

ISBN 978-7-03-060576-4

I. ①沉… II. ①中… III. ①沉管隧道—隧道工程—设计—手册 ②沉管隧道—隧道施工—手册 IV. ①U459.9-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 030267 号

责任编辑: 郭勇斌 欧晓娟 / 责任校对: 王萌萌

责任印制: 张克忠 / 封面设计: 黄华斌

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

http://www.sciencep.com

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019年2月第一版 开本: 787×1092 1/16

2019年2月第一次印刷 印张: 37 插页: 4

字数: 851 000

定价: 238.00元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

“沉管隧道设计施工手册”

编委会

署 名 中国交通建设股份有限公司
顾 问 冯正霖 徐 光 朱永灵

编辑委员会

主 任 刘起涛 陈奋健
副 主 任 陈 云 孙子宇 林 鸣 刘伯莹
编 委 (以姓氏笔画排序):

王世峰	王汝凯	王彰贵	毛元平
方 彦	卢永昌	史福生	吕卫清
朱利翔	刘建波	李一勇	李惠明
吴利科	吴维忠	张 鸿	张鸿文
陈绍章	林少敏	孟凡超	钟建驰
曹根祥	曹湘波	康学增	梁卓仁
梁德章	裴明山		

主 编 林 鸣
副 主 编 刘晓东 尹海卿 卢永昌
编审委员 (以姓氏笔画排序):

久保田	王 强	孔令磊	刘亚平
刘海青	关秋枫	孙 亮	花田幸生
苏长玺	李春初	杨 华	杨 威
杨永宏	杨绍斌	杨树生	吴凤亮
何 波	辛文杰	张 洪	张宝兰
陈 林	陈 鸿	陈 越	陈伟彬
罗 冬	周光强	孟凡利	赵 辉
钟辉虹	高 潮	高纪兵	郭旭理
黄凯彬	黄维民	梁 桁	梁杰忠
宿发强	屠柳青	董 政	韩西军
谢臣伟	翟世鸿	樊建华	黎亚洲

《设计篇》编辑组

组长 陈良志 林 巍
组成 员 (以姓氏笔画排序):

马 勇	王婷婷	毛剑峰	卢 俊
冯志强	冯颖慧	吕勇刚	朱 峰
刘凌锋	刘海欣	孙英广	李建宇
李 毅	杨艺平	肖利军	肖春发
汪之凡	张志刚	张丽珍	陈海琪
陈海锋	林佑高	林陈安攀	钱原铭
唐群艳	姬 海	黄清飞	黄黎明
廖晨彦			

序 言

沉管隧道工法是水下隧道建设的主要工法之一，其建设关键工序包括基础处理、管节预制、浮运、沉放对接、最终接头等。1910年建成的穿越美国密歇根州底特律（Detroit）河铁路隧道是世界上第一条沉管隧道，采用钢壳式沉管隧道技术，其后在北美洲陆续建造了几十条这种结构的沉管隧道。直至1942年建成的穿越荷兰鹿特丹马斯（Maas）河的公路沉管隧道，揭开了混凝土沉管隧道建设的序幕，也形成了沉管隧道两种主要结构型式，即钢壳式沉管和混凝土沉管隧道。后来，日本在这两种主要结构型式的基础上进行融合，形成了一种新的管节结构，即三明治式沉管结构，并得到了广泛的应用。

通过百年的沉管隧道设计与施工技术积累，沉管技术在深水、复杂水流和复杂地质条件下的设计施工技术不断进步并渐趋成熟，已经能够跨越更深和更宽阔的河口、海峡水道。其中几大标志性沉管隧道工程包括：首座混凝土沉管隧道工程马斯隧道，工厂法预制的厄勒（Øresund）海峡沉管隧道，干坞内移动模架全断面水平浇筑节段的釜山—巨济沉管隧道，目前最深的海底沉管隧道博斯普鲁斯（Bosphorus）海峡沉管隧道，目前世界最长、埋深及体量最大的港珠澳大桥公路沉管隧道。

港珠澳大桥东连香港，西接珠海、澳门，是集桥、岛、隧为一体的超大型跨海通道。由中国交通建设股份有限公司联合体承建的岛隧工程是大桥的控制性工程，是目前世界上综合难度最大的沉管隧道之一。本手册主要由中国交通建设股份有限公司依托港珠澳大桥岛隧工程项目的建设经验，并结合世界上其他沉管隧道的建设经验，在多家设计、施工单位及同行的支持和共同努力下汇编完成。

编者收集和研究了世界典型沉管隧道相关资料，根据参与港珠澳大桥沉管隧道的规划、调研、选型、建设等全过程的设计施工经验，并对当今世界上的主要沉管隧道设计施工技术进行了系统的梳理、总结与概括，最终编写完成了本手册。由于目前世界上还没有沉管隧道行业系统性的应用手册公开发表，编写过程中汇集了世界各地典型沉管隧道工程的资料，有较多资料并未正式发表，作者姓名不详，在此向为本手册作出指导、提供资料的同行和专家及未知姓名的作者们致以崇高的敬意，感谢他们为沉管隧道设计施工手册的系统性、完整性做出的巨大的贡献。

本手册具体分为设计篇、基础篇、预制（制造）篇、安装篇及综合篇，汇集了国内外类似沉管隧道工程的规划、科研、勘察设计、试验及施工等资料，其目的在于为世界沉管隧道行业梳理一套有关沉管隧道勘察设计、基础、制造、安装及综合系统性的工具书。本手册主要对沉管隧道设计、施工原理及具体工艺方法要点进行了阐述，并列举了大量典型案例，以提供思路及借鉴，希望读者能从中得到启发及参考。由于时间紧，作者水平有限，难免有不足、不妥和理解有误之处，敬请专家和读者批评指正。

编 者

2018年12月

目 录

序言

第一部分 技 术 篇

1 总论	3
1.1 适用范围	3
1.2 专业词汇定义	3
1.2.1 沉管隧道组成部分	3
1.2.2 沉管管节的构造部件	4
1.2.3 接头	5
1.2.4 沉管的制作方法	5
1.2.5 沉管的沉放与对接	5
1.3 本书构成	6
2 规划	8
2.1 总则	8
2.2 选型	8
2.2.1 与桥梁的比较	8
2.2.2 与其他隧道工法的比较	8
2.3 使用规划	9
2.4 隧道选址	9
2.5 交通量及道路划分	9
2.6 沉管隧道的规划	10
2.6.1 一般规划	10
2.6.2 沉管隧道段的规划	10
2.6.3 隧道出入口段的规划	11
2.6.4 竖井和通风井的规划	11
2.7 线形规划	12
2.7.1 平面线形	12
2.7.2 纵向线形	13
2.7.3 隧道出入口段的路面高程	13
2.8 横断面规划	14
2.8.1 内空截面	14
2.8.2 建筑限界	15
2.8.3 横向坡度	16

2.9	规划评价	16
2.9.1	技术评价	16
2.9.2	经济评价	18
2.9.3	复合评价体系	18
2.9.4	全社会成本评价体系的思考	19
2.10	实施模式	19
3	调研	20
3.1	总则	20
3.2	调研内容	23
3.2.1	社会条件调研	23
3.2.2	自然条件调研	25
3.2.3	环境保护调研	34
3.2.4	其他调研	35
4	沉管隧道设计	38
4.1	总则	38
4.1.1	一般规定	38
4.1.2	沉管隧道的功能要求和目标性能	38
4.1.3	沉管隧道的结构性能验算	38
4.1.4	极限状态法设计	39
4.1.5	设计使用年限	39
4.1.6	作用及作用效应组合	39
4.1.7	沉管隧道结构内力计算	44
4.2	沉管隧道结构设计	44
4.2.1	一般规定	44
4.2.2	结构设计的目标及性能要求	45
4.2.3	设计验算内容	46
4.2.4	沉管管节设计	49
4.2.5	回填	83
4.3	隧道出入口段的设计	87
4.3.1	一般规定	87
4.3.2	设计目标及性能要求	87
4.3.3	结构形式及断面设计	87
4.3.4	隧道出入口段设计验算	90
4.4	沉管隧道地基及基础设计	91
4.4.1	一般规定	91
4.4.2	设计目标及性能要求	91
4.4.3	设计验算内容	91

4.4.4	沉管隧道地基基础设计	98
4.5	竖井与通风井设计	114
4.5.1	一般规定	114
4.5.2	设计目标及性能要求	114
4.5.3	结构形式及断面设计	114
4.5.4	竖井及通风井的设计验算	116
4.5.5	景观设计	117
4.6	沉管隧道抗震设计	121
4.6.1	沉管隧道抗震设计基本原则	121
4.6.2	沉管隧道抗震设计中的岩土问题	121
4.6.3	沉管隧道纵向抗震验算	125
4.6.4	沉管隧道横向抗震验算	128
4.6.5	沉管隧道出入口段的抗震性验算	132
4.6.6	竖井的抗震性验算	132
4.6.7	地震过程中的土体液化	134
5	施工要求	137
5.1	总则	137
5.2	沉管管节预制	140
5.2.1	沉管管节预制方法	140
5.2.2	施工检查	166
5.2.3	管节入水及浮运	167
5.3	沉管管节的安装	169
5.3.1	沉管管节的安装施工	169
5.3.2	沉管管节的沉放及其对接	172
5.3.3	压载施工	182
5.3.4	管节底部填充及侧面回填	184
5.4	岸隧过渡段护岸施工	187
5.4.1	一般规定	187
5.4.2	临时围堰设置与拆除	187
5.4.3	永久护岸及防撞施工	189
5.5	沉管预制场	191
5.5.1	概述	191
5.5.2	干坞法沉管预制场	194
5.5.3	工厂法沉管预制场	197
5.6	管节临时寄存区	202
5.7	陆上开挖作业	204
5.7.1	一般规定	204

5.7.2	开挖坡面防护	205
5.7.3	支护方式	206
5.8	竖井与通风井施工	209
5.8.1	一般规定	209
5.8.2	竖井	210
5.8.3	通风井	219
5.9	隧道出入口段施工	219
5.9.1	与沉管隧道的总体施工进度计划合理衔接的必要性	219
5.9.2	出入口段施工应当考虑对周边相邻建筑物的影响	219
5.9.3	考虑存在障碍物的可能性	220
5.9.4	确保止水性	220
5.9.5	沉管管节直接对接时的注意事项	220
5.10	管节浮运通航安全	220
6	设备管理	223
6.1	通风设备	223
6.1.1	专用术语	223
6.1.2	沉管隧道通风设计的整体规划	223
6.1.3	烟气颗粒浓度设计	224
6.1.4	通风方式及类型	224
6.1.5	通风量计算	227
6.1.6	通风设备情况及条件分析	227
6.2	消防应急设备	230
6.2.1	消防应急设备设计参考标准	230
6.2.2	消防应急设备设置数量	230
6.2.3	消防应急设备类型	231
6.3	照明设备	233
6.3.1	照明设备设计参考标准	233
6.3.2	隧道照明的模式	233
6.3.3	隧道照明的常见光源	235
6.3.4	隧道内人行通道及逃生通道照明设计	235
6.4	供电设备	236
6.4.1	供电设备设计参考标准	236
6.4.2	供电设备设计需求调查	236
6.4.3	供电开工调查	236
6.4.4	紧急使用发电设备	236
6.5	监测设备	237
6.6	远程监控设备	238

6.7	排水设备	238
6.8	内装设施	239
6.9	防灾设备	240
第二部分 案 例 篇		
7	沉管隧道主要代表性建设案例概要	243
7.1	那霸港临港公路沉管隧道	243
7.1.1	隧道概况	243
7.1.2	工程图片	244
7.2	大阪港梦洲沉管隧道	245
7.2.1	隧道简介	245
7.2.2	工程图片	247
7.3	新若户公路沉管隧道	248
7.3.1	隧道概况	248
7.3.2	工程图片	249
7.4	厄勒海峡沉管隧道	250
7.4.1	隧道概况	251
7.4.2	工程图片	252
7.5	大士沉管隧道	253
7.5.1	隧道概况	254
7.5.2	工程图片	255
7.6	悉尼海湾沉管隧道	257
7.6.1	隧道概况	257
7.6.2	工程图片	258
7.7	香港西区海底隧道	259
7.7.1	隧道概况	259
7.7.2	工程图片	259
7.8	港珠澳大桥沉管隧道	261
7.8.1	隧道概况	262
7.8.2	工程图片	262
7.9	韩国釜山—巨济沉管隧道	265
7.9.1	隧道概况	266
7.9.2	工程图片	266
7.10	神户港—港岛沉管隧道	268
8	沉管隧道地基及基础设计案例	269
8.1	沉管隧道基槽设计	269
8.1.1	基槽开挖平面设计	269

8.1.2	基槽开挖断面设计	270
8.2	地基基础与清淤设计	272
8.2.1	变形协调设计理论	272
8.2.2	地基设计	280
8.2.3	清淤	288
9	沉管隧道结构设计案例	291
9.1	川崎港海底沉管隧道设计案例	291
9.1.1	项目概况	291
9.1.2	设计条件	292
9.1.3	设计计算方法	292
9.1.4	沉管主体结构设计	293
9.2	港珠澳大桥半刚性沉管结构设计案例	311
9.2.1	工程概况	311
9.2.2	设计条件	311
9.2.3	半刚性沉管基本概念及构造	314
9.2.4	半刚性沉管计算	319
10	沉管隧道最终接头设计案例	333
10.1	那霸港临港公路沉管隧道最终接头方案研究	333
10.1.1	止水板方式	333
10.1.2	终端块方式	347
10.1.3	V型块方式	353
10.1.4	滑行连接块方式 (Terminal block)	359
10.1.5	Key 管节方式	369
10.1.6	主动止水可逆折叠管节式	375
10.2	港珠澳大桥沉管隧道最终接头设计案例	375
10.2.1	工程概况	375
10.2.2	总体工艺流程	375
10.2.3	结构构造	382
10.2.4	最终接头计算	390
11	沉管隧道暗埋段设计案例	397
11.1	大阪咲洲沉管隧道港区侧暗埋段设计案例	397
11.1.1	结构及线形设计	397
11.1.2	地基处理	397
11.1.3	基础的形式	397
11.1.4	设计条件	400
11.1.5	结构设计	404
11.2	港珠澳大桥沉管隧道暗埋段设计案例	404

11.2.1	概述	404
11.2.2	结构布置与构造	404
11.2.3	基础设计及构造	406
11.2.4	主要施工工序	406
11.2.5	结构分析计算与验算	408
11.2.6	计算结果	410
12	沉管隧道抗震设计案例	417
12.1	大阪港梦洲沉管隧道抗震设计案例	417
12.1.1	概述	417
12.1.2	地质勘察	418
12.1.3	沉管隧道抗震计算模型	419
12.1.4	沉管隧道抗震计算结果	421
12.1.5	地震反应谱计算结果	432
12.1.6	振动模型试验	434
12.1.7	动力计算与模型试验的结果的比较	441
12.2	港珠澳大桥沉管隧道抗震设计案例	442
12.2.1	项目概况	442
12.2.2	设计计算依据	443
12.2.3	计算内容及方法	445
12.2.4	计算原理及参数	445
12.2.5	作用效应组合	449
12.2.6	结构地震响应	450
12.2.7	分析计算结果	454
13	沉管隧道结构防水设计案例	464
13.1	工程简介	464
13.2	防水薄膜的性能要求	465
13.3	防水薄膜的强度及耐久性	465
13.4	防水薄膜黏合性试验	467
13.4.1	试件的制作	468
13.4.2	试件的养护及试验	469
13.5	拉伸试验	469
13.6	防水薄膜端部耐水压试验	470
13.7	防水薄膜粘贴作业	471
13.8	砂浆保护层	474
13.9	混凝土防护	475
14	通风井规划设计案例	477
14.1	简介	477

14.2	规划	477
14.2.1	规划的主旨	477
14.2.2	周围环境	477
14.2.3	通风井的基本规划	478
14.3	设计	480
14.3.1	平面设计	480
14.3.2	造型及详细设计	482
14.3.3	结构设计	484
14.3.4	附属设备设计	489
15	沉管隧道施工工法案例概要	492
15.1	管节混凝土的浮态浇筑	492
15.1.1	工法简介	492
15.1.2	工法特征	493
15.1.3	混凝土浇筑顺序	493
15.1.4	变形监测	494
15.2	使用滑动架的牵引法	495
15.2.1	工法简介	495
15.2.2	特征	495
15.2.3	牵引设备	496
15.2.4	管节牵引	497
15.3	塔驳方式(中心塔)	497
15.3.1	工法简介	497
15.3.2	特征	498
15.3.3	管节定位系统	498
15.3.4	应用项目	499
15.4	通过楔形块修正管节方向的方法	500
15.4.1	工法简介	500
15.4.2	工法特征	500
15.4.3	注意事项	501
15.4.4	施工概要	501
15.4.5	应用项目	502
15.5	Key管节工法	502
15.5.1	工法简介	502
15.5.2	工法特征	502
15.5.3	注意事项	503
15.5.4	施工概要	503
15.5.5	应用项目	504

15.6	波纹型钢板顶推工法	505
15.6.1	工法简介	505
15.6.2	工法特征	505
15.6.3	注意事项	506
15.6.4	施工简介	506
15.6.5	应用项目	508
15.7	顶推沉管隧道工法	508
15.7.1	工法简介	508
15.7.2	工法特征	508
15.7.3	结构形式	509
15.7.4	接头	509
15.7.5	注意事项	509
15.7.6	施工简介	510
16	川崎港海底沉管隧道道路附属设施案例	512
16.1	工程概况	512
16.2	通风设备	513
16.2.1	概要	513
16.2.2	通风量的计算	513
16.2.3	人行道通风	520
16.2.4	通风井处的废气扩散计算	522
16.3	照明设备	525
16.3.1	概要	525
16.3.2	连接道路照明	526
16.3.3	隧道照明	526
16.4	供配电设备	535
16.4.1	概要	535
16.4.2	供配电设备基本规划	536
16.4.3	高压供配电设备	537
16.4.4	中压供配电设备	537
16.4.5	配电方式	538
16.4.6	变配电设备	541
16.4.7	不间断电源	542
16.4.8	配电系统运用	542
16.5	排水设备	544
16.5.1	概要	544
16.5.2	排水量的计算	544
16.5.3	排水系统的设定	545

16.5.4	排水沟、泵房等的大小	547
16.5.5	沉砂槽和排砂规划	549
16.5.6	排水泵的型号、台数及功率	550
16.6	防灾设备	551
16.6.1	概要	551
16.6.2	水喷淋消防设备	552
16.6.3	火灾报警设备	554
16.6.4	报警设备	555
16.6.5	逃生设备	555
16.6.6	其他设备	556
16.7	备用发电设备	559
16.7.1	概要	559
16.7.2	备用发电机的设置	559
16.7.3	备用发电负荷的计算	559
16.7.4	运行控制方式	560
16.7.5	备用发电冷却方式	560
16.7.6	燃料供给设备	561
16.8	远程监视控制设备	561
16.8.1	概要	561
16.8.2	远程监视控制的方式	562
16.8.3	控制范围	563
16.8.4	通风控制设备	563
16.9	通信及广播播报设施	569
16.9.1	概要	569
16.9.2	广播播报装置	569
16.9.3	天线的设置场所	570
16.9.4	隧道内传送路	570
参考文献		571
彩图		

第一部分 技术篇

