



T/CECS 295—2023

中国工程建设标准化协会标准

建(构)筑物托换技术规程

Technical specification for underpinning
of buildings and structures

中国计划出版社

中国工程建设标准化协会标准

建(构)筑物托换技术规程

Technical specification for underpinning
of buildings and structures

T/CECS 295—2023

主编单位：北 京 交 通 大 学

广州市胜特建筑科技开发有限公司

批准单位：中 国 工 程 建 设 标 准 化 协 会

施行日期：2 0 2 3 年 1 2 月 1 日

中国计划出版社

2023 北 京

中国工程建设标准化协会公告

第 1647 号

关于发布《建(构)筑物托换技术规程》的公告

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2020 年第一批协会标准制订、修订计划〉的通知》(建标协字〔2020〕14 号)的要求,由北京交通大学、广州市胜特建筑科技开发有限公司等单位编制的《建(构)筑物托换技术规程》,经协会地基基础专业委员会组织审查,现批准发布,编号为 T/CECS 295—2023,自 2023 年 12 月 1 日起施行。原《建(构)筑物托换技术规程》CECS 295 : 2011 同时废止。

中国工程建设标准化协会
二〇二三年七月十八日

前 言

《建(构)筑物托换技术规程》(以下简称规程)是根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2020 年第一批协会标准制订、修订计划〉的通知》(建标协字〔2020〕14 号)的要求进行编制。编制组经深入调查研究,认真总结实践经验,参考国内外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,修订本规程。

本规程共分 7 章和 5 个附录,主要内容包括:总则、术语和符号、基本规定、建筑物托换技术、城市隧道穿越托换技术、桥梁托换技术及托换工程监测等。

本规程是对《建(构)筑物托换技术规程》CECS 295:2011 的修订。

本次修订内容主要包括:

1. 调整了原有的章节顺序;
2. 建筑物托换技术内容按设计和施工的方式进行了系统归纳总结;
3. 隧道穿越托换技术新增了安全风险评估内容;
4. 桥梁托换技术内容按设计和施工及拱桥重新整理汇总;
5. 托换工程监测章节新增了应变监测和变形监测等内容;
6. 新增了附录 D 和附录 E 的相关内容。

本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利,本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会地基基础专业委员会归口管理,由北京交通大学负责具体技术内容的解释。实施过程中如有意见或建议,请反馈至北京交通大学土木建筑工程学院(地址:北京市海淀区西直门外上园村 3 号,邮编:100044,邮箱:1443502210@qq.com)。

主 编 单 位: 北京交通大学

广州市胜特建筑科技开发有限公司

参 编 单 位: (按首字笔划排序)

广州地铁设计研究院股份有限公司

广东固易特种工程有限公司

广东金辉华集团有限公司

广东省建筑设计研究院有限公司

上海天演建筑物移位工程股份有限公司

上海勘察设计院(集团)股份有限公司

山东建筑大学

中铁西北科学研究院有限公司

中衡特运工程技术(上海)有限公司

北京亿通兆泰加固工程技术有限公司

北京怀仁前景工程技术有限公司

北京知行永图工程技术有限公司

江苏东南特种技术工程有限公司

同济大学

同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司

宏源中科(北京)基础工程有限公司

河南省地岩工程科技有限公司

河海大学

建研地基基础工程有限责任公司

郑州赛诺建材有限公司

柏涛国际工程设计顾问(深圳)有限公司

浙江固邦建筑特种技术有限公司

黑龙江省四维岩土工程有限责任公司

主要起草人: 崔江余 吴如军 蓝戊己 叶观宝 李安起

李今保 何新东 江 伟 王 桢 张 鑫

吴二军 唐业清 魏建华 翟杰群 刘 丽

张小兵	王春虎	邓文伟	景晓斌	史海欧
李同群	王福州	杜 涛	张 振	王建永
刘 冬	张志彬	李 甫	段启伟	张彦斌
徐文田	刘文汉	张军宇	林超伟	郭达文
黄晨亮	谢丹峰	李同燕	关新宇	
主要审查人：杜修力	康景文	傅志斌	韩 焯	张天申
李 虹	张千里			

目 次

1	总 则	(1)
2	术语和符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号	(3)
3	基本规定	(5)
4	建筑物托换技术	(7)
4.1	一般规定	(7)
4.2	托换工程设计	(8)
4.3	托换工程施工	(19)
4.4	质量控制	(22)
5	城市隧道穿越托换技术	(23)
5.1	一般规定	(23)
5.2	城市隧道穿越托换设计	(23)
5.3	城市隧道穿越托换施工	(30)
5.4	质量控制	(33)
6	桥梁托换技术	(34)
6.1	一般规定	(34)
6.2	桥梁托换设计	(34)
6.3	桥梁托换施工	(40)
6.4	质量控制	(42)
7	托换工程监测	(43)
7.1	一般规定	(43)
7.2	建筑物托换工程监测	(44)
7.3	城市隧道穿越托换工程监测	(45)

7.4 桥梁托换工程监测	(46)
7.5 托换工程裂缝动态监测	(47)
附录 A 托换工程中千斤顶的选用	(48)
附录 B 城市隧道工程自身风险和环境风险等级	(55)
附录 C 托换工程影响区监测控制标准	(58)
附录 D 常用监测仪器及设备	(61)
附录 E 结构应力应变监测表	(63)
用词说明	(64)
引用标准名录	(65)
附:条文说明	(67)

1 总 则

1.0.1 为规范建筑物、城市隧道、桥梁等托换工程的技术要求,提高工程质量,做到安全可靠、技术先进、经济适用、保护环境,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于建筑物、城市隧道、桥梁等托换工程的设计、施工、质量控制和监测。

1.0.3 建筑物、城市隧道、桥梁等托换工程应因地制宜、节约资源、合理选型、优化设计,做到精心施工、加强监控。

1.0.4 建筑物、城市隧道、桥梁等托换工程除应符合本规程规定外,尚应符合国家现行有关标准和现行中国工程建设标准化协会有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 托换技术 underpinning technology

通过加固和增设构件等措施改变原结构传力途径或增强原结构承载力的改造加固技术,简称托换。

2.1.2 托换体系 underpinning system

在托换工程中采用拆除构件和新增构件包括梁、板、柱和桩等与原受力结构共同组成的结构体系。

2.1.3 主动托换 active underpinning

在原基础或原受力结构构件拆除之前,通过千斤顶对新增基础和构件预加荷载,消除托换体系的部分变形,分级分步实施荷载转移,使托换后基础和结构的变形控制在允许的范围内。

2.1.4 被动托换 passive underpinning

在原基础和结构托换之前,对新增基础和构件的托换体系不预加荷载,当原基础拆除后,通过被托换构件产生微小变形使新增基础和构件的托换体系发挥作用,达到托换目的。

2.1.5 基础托换 foundation underpinning

对既有建(构)筑物的基础进行加固或重新设置基础所采取的托换技术措施。

2.1.6 桩式托换 type of pile underpinning

通过增加桩基础,对原有基础进行托换的技术。

2.1.7 桩梁式托换 type of pile and beam underpinning

通过采用桩和梁组合,对原有基础进行托换的技术。

2.1.8 桩筏式托换 type of pile and raft underpinning

通过采用桩和筏板基础,对原有基础进行托换的技术。

2.1.9 桩箱式托换 type of pile and box underpinning

通过采用桩和箱基础,对原有基础进行托换的技术。

2.1.10 抽墙法 pumping wall method

通过增加托换梁、托换桁架、墙梁及端柱等托换结构拆除承重墙体的托换方法。

2.1.11 抽柱法 pumping column method

通过增加托换梁和托换桁架等托换结构拆除承重柱的托换方法。

2.1.12 抽梁法 pumping beam method

通过加固周围梁和柱,对原有梁、板进行拆除的托换方式。

2.1.13 侵蚀 etching

建筑物地基基础、墙、柱等遭遇洪水、化工污水、油污或盐碱水浸泡腐蚀,导致强度降低的现象。

2.2 符 号

2.2.1 几何参数:

A_c ——新旧混凝土结合面的有效面积;

A_s ——结合面上同一截面植筋总截面面积;拉梁中受拉钢筋或穿墙螺栓面积;

a ——名义剪跨;

b_b ——夹梁宽度;

b_w ——被托换墙体厚度;

h ——夹梁与墙体结合面高度;

h_s ——夹墙梁上表面至对拉钢筋形心的距离;

R ——盾构隧道外半径;

z ——隧道中心净埋深。

2.2.2 作用效应和抗力:

f_c ——梁、柱混凝土抗压强度设计值;

f_s ——结合面配置的植筋抗拉强度设计值;

f_v ——砌体与混凝土界面黏结抗剪强度；

q ——单位长度上承重墙竖向荷载设计值；

V ——剪力设计值；

V_u ——新旧混凝土结合面竖向抗剪承载力。

2.2.3 计算参数及其他：

i ——沉降槽宽度系数；

n ——土体系数；

$\bar{\varphi}$ ——隧道埋深范围内土体内摩擦角加权平均值；

γ ——界面承载力降低综合影响系数。

3 基本规定

3.0.1 建(构)筑物托换应包括处理因使用功能改变、桥梁改扩建、地下隧道穿越、地下空间开发,导致地基过量沉陷及各种灾损等所采用的改造与加固技术措施。

3.0.2 建(构)筑物托换按部位可分为上部结构托换、基础和地基托换;按使用功能可分为临时性托换、永久性托换、预防性托换;按托换的目的可分为改变原结构使用功能的托换、灾损建筑物恢复原结构安全状态的托换。

3.0.3 托换设计、施工、监理、监测和检测鉴定应进行专项方案论证。

3.0.4 托换设计前,应调查建(构)筑物的现状及使用维护情况,收集建(构)筑物的地质勘察资料、设计图纸、设计计算书、竣工图纸、工程验收文件和沉降观测记录等原始资料,当资料不全时,应进行补充勘察、实测和检测及安全鉴定等,并应按现行国家标准《既有建筑鉴定与加固通用规范》GB 55021 的有关规定执行。

3.0.5 托换设计应以既有建(构)筑物的检测数据及鉴定结论为依据,充分利用既有建(构)筑物的承载力,并应制订既有结构应变超前和托换结构应力滞后的消减措施。

3.0.6 托换设计应满足建(构)筑物整体结构的安全要求,临时性托换工程设计时,荷载取值应根据施工期间的实际荷载确定,永久性托换尚应满足建(构)筑物抗震性能和耐久性的要求。

3.0.7 托换的设计应根据上部结构、基础和地基的共同作用,经技术经济分析比较确定。

3.0.8 托换施工应按设计要求、并针对托换施工期间可能出现的暴雨、内涝、台风、周边施工等可能出现的影响因素,编制施工组织

设计和施工技术方案,施工全过程应有安全措施,并应提出相应的预防措施和应急预案。

3.0.9 施工单位施工前应熟悉现场及周边情况,了解结构或构件传力途径的可能变化。施工过程中若发现与检测鉴定、设计不符的情况,应会同业主、设计、检测鉴定等单位进行处理;发现结构、构件变形增大、裂缝扩展或条数增多等异常情况时,应立即停工、支顶,并应会同业主、设计单位进行处理。

3.0.10 拆除施工前应进行支顶,托换结构应达到设计要求后方可进行拆除施工,拆除施工应分期、分批进行。

3.0.11 施工过程中,应对托换结构和施工影响区范围内的建(构)筑物的结构变形、裂缝、基础沉降进行监测;对于重要工程,除应采用实时监测结构变形、裂缝、基础沉降外,尚应进行应力和应变监测。托换工程宜进行全过程信息化施工。拆除完成后,托换结构应监测至变形稳定。

3.0.12 托换采用的主要材料、成品、半成品、配件、器具和设备性能和质量应进行现场验收。凡与安全和环境保护有关的产品,应进行质量复验。

3.0.13 托换施工各工序应进行质量控制,每道工序完成后应进行检查记录并验收。

3.0.14 托换工程采用的千斤顶应结合工程情况合理选用,千斤顶的选用要点及主要参数应符合本规程附录 A 的规定。

4 建筑物托换技术

4.1 一般规定

4.1.1 当建筑物改变原结构使用功能、恢复原结构安全状态、扩展原结构使用空间等工程时,可采用建筑物托换技术。

4.1.2 建筑物托换技术宜包括局部或整体顶升、开洞、扩洞、抽柱法、抽墙法、抽梁法、增加或改变结构构件、置换等方法。

4.1.3 恢复建筑物原结构安全状态的托换可包括建筑物震损、侵蚀、地下洞穴及采空区、软弱地基沉陷、黄土地基湿陷等灾损的处理和由于结构或构件局部材料强度不满足要求的处理。

4.1.4 当建筑物损伤需要进行托换时,应在托换设计中提出有针对性的技术措施,并按设计规定的顺序进行治理和加固。

4.1.5 建筑物上部结构改造托换宜包括改变层高、改变开间或进深、墙体开设洞口等。

4.1.6 增加层高应采用下列托换技术:

1 建筑物某层增加层高时,可采用整体顶升,顶升的设计与施工可按现行协会标准《建筑物移位纠倾增层与改造技术标准》T/CECS 225 中升降移位或现行行业标准《建(构)筑物移位工程技术规程》JGJ/T 239 中竖向移位的要求进行;

2 建筑物局部增加层高时,可采用局部顶升法、抽梁法、抽墙法和抽柱法处理;

3 建筑物整体顶升在千斤顶布设标高以上部位应设置闭合的、具有足够刚度的水平托换框架,托换框架宜由柱托换节点、墙体托换梁、连系梁组成。

4.1.7 建筑物改变开间或进深可采用抽墙法和抽柱法处理。

4.1.8 建筑物墙体开设洞口时,应按下列规定采用相应托换

技术:

1 开设洞口宽度不大于 2.4m,且宽度不大于墙体长度的 1/4 时,应对洞口上方的墙体进行支顶并加设过梁,宜加设边框柱;

2 开设洞口宽度大于 2.4m 或宽度大于墙体长度的 1/4 时,应按抽墙法进行托换。

4.1.9 基础托换和地基处理的设计与施工除应符合本规程规定外,尚应符合国家现行标准《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003、《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123、《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 和现行协会标准《建筑物移位纠倾增层与改造技术标准》T/CECS 225、《灾损建(构)筑物处理技术规范》CECS 269 的有关规定;当扩大基础底面积采用混凝土围套时,尚应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 和《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 的有关规定。

4.2 托换工程设计

4.2.1 建筑物托换设计应符合下列规定:

1 托换结构或构件的设计、计算应符合现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003、《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。

2 托换后结构、构件的安全等级应由委托方和设计方按实际情况商定,且不应低于现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003、《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 的要求;当被托换结构出现不满足要求时,应采取措施,可降低使用标准,但应满足使用安全要求。托换施工完成后可委托专业第三方鉴定机构对托换后的安全等级进行检测、综合评估或安全鉴定。

3 应避免结构中出现薄弱构件、薄弱层、刚度突变部位。

4 对被托换梁、柱、墙拆除后导致的刚度减小,应采取提高其他构件的刚度等措施,使刚度竖向均匀、水平对称,刚度不应低于托换前的水平。

5 对与拆除构件相连的原结构构件,计算模型应与托换后实际受力相符,同时应采取满足构造要求的相应措施。

6 原有结构或构件、托换结构或构件在托换过程中与托换后受力不同时,应分别针对不同工况进行设计、计算,并采取相应措施。

7 托换过程中的支撑体系应进行承载力、刚度、稳定性设计、计算,基础应满足强度和沉降变形要求。

8 临时性托换体系的设计、计算,应符合现行国家标准《工程结构通用规范》GB 55001 对临时性建筑结构的规定。

4.2.2 地基处理可采用石灰土、水泥土、夯扩挤密桩、静压桩、旋喷桩等置换加固方法,并应符合现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 的有关规定。

4.2.3 建筑物基础承载力不足时,可采用扩大截面、增大基础埋深、锚杆静压桩、树根桩等加固技术措施或采用新增桩基、筏板基础等进行托换。

4.2.4 根据地下洞穴及采空区的不同状况,应采取下列处理措施:

1 当地下洞穴及采空区位于建筑物下方,且范围广、深度大,洞顶地层开裂且不稳定时,应对地下洞穴及采空区采取处理措施。

2 当地下洞穴、采空区稳定或虽不稳定但不会发生塌陷危害时,应先对地下洞穴、采空区进行治理,治理措施可采用充填粗骨料并注浆等方法,后对建筑物进行加固托换处理,可选用增加上部结构或基础整体刚度、扩大基础底面积、锚杆静压桩、树根桩等加固技术措施。

3 当地下洞穴或采空区影响范围小时,可采用抬墙梁式托换法将建筑物基础荷载传递转移到地下洞穴、采空区以外的地层;当

建筑物局部受地下洞穴、采空区影响时,可进行局部托换或移位处理。

4 当洞穴边缘为岩体时,可采用加基础梁法,将洞穴上方建筑物基础的荷载传递转移到洞穴边稳定的岩体上。当洞穴边缘为土体时,宜将基础荷载通过托换结构传递到洞穴底部的坚实持力土层,也可通过桩梁托换结构将基础荷载传递到洞穴两侧的坚实土层上。

5 当采用桩基础托换时,应进行成桩的可行性分析,桩端进入不受地下洞穴、采空区影响的稳定密实土层的深度不应小于桩径的 1.5 倍。

6 移位应按现行行业标准《建(构)筑物移位工程技术规程》JGJ/T 239 和现行协会标准《建筑物移位纠倾增层与改造技术标准》T/CECS 225 的有关规定进行。

4.2.5 根据建筑物下软弱地基的不同情况,应采用下列托换方法:

1 当建筑物基础下存在液化砂层、软弱夹层或暗塘、暗沟时,应根据软弱地层的埋深和厚度,采用挖除换填、加深基础、静压桩、锚杆静压桩、旋喷桩、树根桩等方法加固处理。

2 当建筑物基础下存在厚层或深厚软弱土层时,可采用增加建筑物结构刚度、强度、基底面积、卸除部分荷载等加固方法,也可将基础改造成可顶升的结构,当沉降量影响正常使用时,应用千斤顶将建筑物顶升至所需高度,顶升设计及施工应符合现行协会标准《建筑物移位纠倾增层与改造技术标准》T/CECS 225 或现行行业标准《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123 的有关规定。

3 对因暖气、上水、下水管道和水池漏水造成局部地基土软化引起建筑物不均匀沉降,应先消除漏水源,后采用锚杆静压桩、石灰桩、挤密桩、旋喷桩等加固方法处理。

4 当建筑物基础位于湿陷性黄土地基上时,可采用灰土桩、树根桩、锚杆静压桩或灌注桩等方法加固地基,加固深度应穿透湿

陷性黄土层进入非湿陷性土层。

5 当建筑物基础位于膨胀土地基上时,对弱和中等膨胀土,可采用设置宽散水、加强上部结构及基础刚度等措施;对强膨胀土,可采用锚杆静压桩、树根桩、坑式静压桩或加深基础等方法。桩端或基底应埋置在非膨胀土层或伸入到周围环境影响深度以下的土层 0.5m。基础梁底面应高于膨胀土层,脱空 100mm。

4.2.6 当建筑物增加荷载使既有地基、基础承载力不足或变形过大时,根据原基础、地基状态和荷载大小,宜进行基础托换或地基处理,处理时应按现行行业标准《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123 的有关规定执行。当有经验时可采用其他方法。

4.2.7 建筑物周边及原位地下空间开发时,可采用的预防性托换宜包括基础扩大托换、桩基托换、注浆法、追踪注浆法、隔离法等方法。

4.2.8 对房屋使用多年后的地基,承载力确定时,应对非刚性基础的抗冲切和抗弯承载力进行复核验算。

4.2.9 遇下列情况时,应进行整体顶升托换:

1 建筑物因地震灾害造成某层竖向承重构件严重破坏,而其他层相对完好时;

2 因建筑使用功能改变而需增加层高时;

3 软弱地基上基础沉降过大,或因周围地坪高度提升等,影响使用功能时;

4 重要建筑物或古建筑,由于城市规划或其他原因需要提高建筑高度时。

4.2.10 遇下列情况时,宜进行局部支顶托换:

1 局部梁、柱或墙体承载力低于设计要求,经验算需进行置换时;

2 局部梁、柱或墙体因地震或其他灾害损坏严重时。

4.2.11 遇下列情况时,宜通过增加传力结构或构件进行托换:

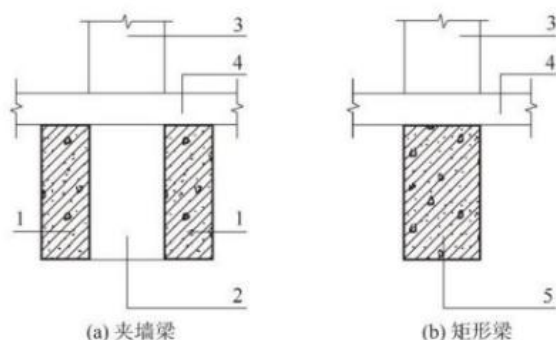
1 墙体开设洞口;

2 拆除承重墙体;

3 拆除承重柱。

4.2.12 采用抽墙法进行托换时,应符合下列规定:

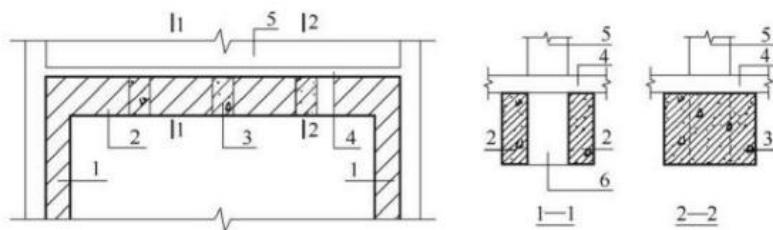
1 托换构件可采用钢筋混凝土夹墙梁和钢筋混凝土矩形截面梁(图 4.2.12-1),钢托梁或钢托架等。



1—夹墙梁;2—夹墙梁范围内保留墙体;3—上层保留墙体;4—楼板;5—矩形截面梁

图 4.2.12-1 抽墙法钢筋混凝土托梁截面

2 采用钢筋混凝土夹墙梁时,应在欲拆除墙体上端两侧设置钢筋混凝土夹墙梁,在夹墙梁的两端设置钢筋混凝土边柱。夹墙梁(图 4.2.12-2)截面高度不宜小于跨度的 $1/15$ 与 300mm 的较大值。在夹墙梁范围内宜隔 $1.0\text{m}\sim 1.5\text{m}$ 设置钢筋混凝土拉梁,拉梁截面宽度不宜小于 200mm ,高度不宜小于夹墙梁高度。



1—边框柱;2—夹墙梁;3—拉梁;4—楼板;5—上层保留墙体;6—夹墙梁范围内保留墙体

图 4.2.12-2 夹墙梁法

3 当采用钢托梁或钢托架作为墙体夹墙梁时,钢托梁或钢托架应能直接承担墙体传来的荷载,并应在墙体两侧对称设置,同时应通过穿墙螺栓等措施进行拉结,穿墙螺栓间距宜为 1m~1.5m,并应布置在夹墙梁下部受拉区。

4 托梁内力计算时,支座宜按实际情况确定或支座弯矩按固定端计算,单跨托梁的跨中弯矩宜按简支梁计算。当上部层数较多时,可按墙梁进行计算,墙梁的计算应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《砌体结构设计规范》GB 50003 的有关规定执行。托梁自身、上部墙体、顶梁应满足相应构造的要求。

4.2.13 钢筋混凝土夹墙梁高度应满足下式要求:

$$q \leq \frac{4}{3} f_v h \quad (4.2.13)$$

式中: q ——单位长度上承重墙竖向荷载设计值(N/mm);

f_v ——砌体与混凝土界面黏结抗剪强度,由试验确定;无试验资料时,可根据夹梁混凝土强度等级高低在 $0.3\text{N/mm}^2 \sim 0.5\text{N/mm}^2$ 范围内取值;

h ——夹墙梁与墙体结合面高度(mm)。

4.2.14 钢筋混凝土夹墙梁的拉梁中受拉纵筋或穿墙螺栓数量应满足轴心受拉构件最小配筋率的要求,下部钢筋或穿墙螺栓的面积宜按下列公式确定:

$$f_y A_s \geq \frac{qal}{2h_s} \quad (4.2.14-1)$$

$$a = \frac{b_b}{2} + \frac{b_w}{4} \quad (4.2.14-2)$$

式中: f_y ——拉梁中受拉纵筋或穿墙螺栓抗拉强度设计值(N/mm²);

A_s ——拉梁中受拉钢筋或穿墙螺栓面积(mm²);

q ——单位长度上承重墙竖向荷载设计值(N/mm);

a ——名义剪跨(图 4.2.14)(mm);

- l ——拉梁或穿墙螺栓间距(mm);
 h_s ——夹墙梁上表面至对拉钢筋形心的距离(mm);
 b_b ——夹梁宽度(mm);
 b_w ——被托换墙体厚度(mm)。

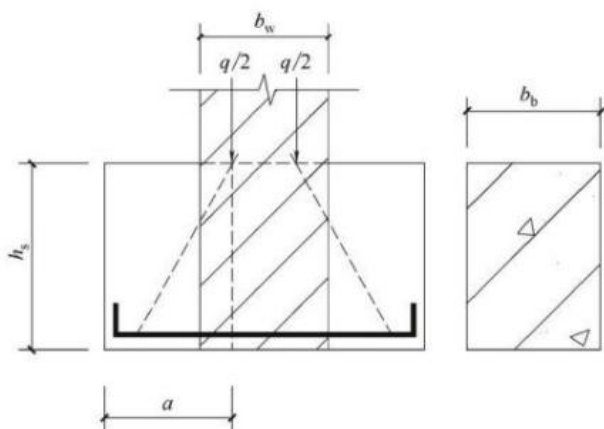
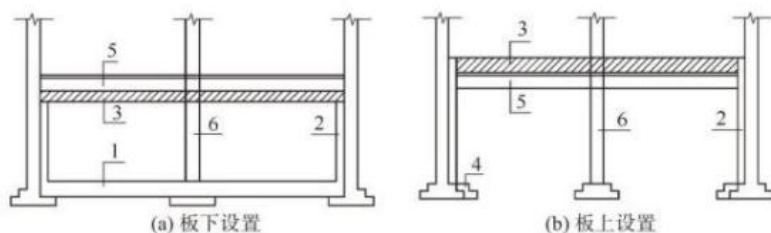


图 4.2.14 剪跨 a 取值示意图

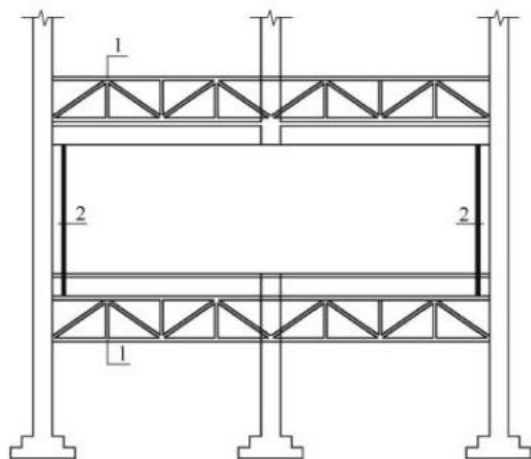
4.2.15 采用抽柱法进行托换时,应符合下列规定:

1 在欲拆除柱上端,根据空间情况可在梁板下或梁板上设置托换结构。根据托换结构所承担的欲拆除柱荷载及梁跨度,可选用钢筋混凝土梁、预应力钢筋混凝土梁、钢桁架、钢筋混凝土桁架或整层高的 X 形支撑托架、组合结构等(图 4.2.15-1~图 4.2.15-3);



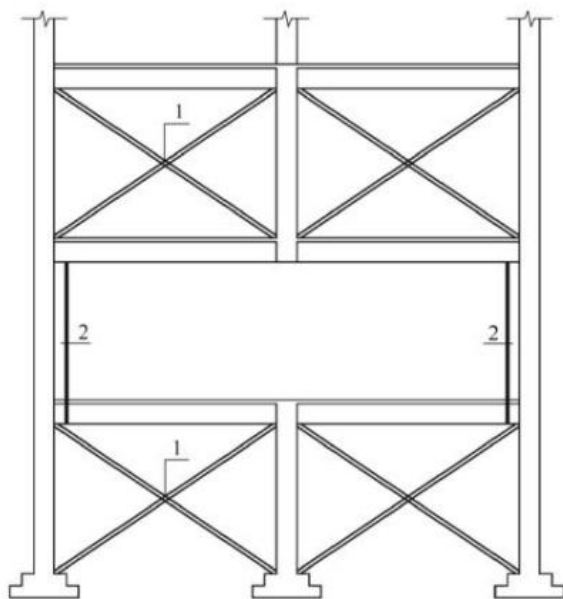
1—新设基础梁;2—端柱;3—托梁;4—扩大基础;5—原梁或楼板;6—欲拆除柱

图 4.2.15-1 钢筋混凝土托梁托换示意图



1—钢或钢筋混凝土桁架；2—端柱

图 4.2.15-2 钢、钢筋混凝土桁架托换示意图



1—X 形钢托架；2—端柱

图 4.2.15-3 X 形托架托换示意图

2 托换结构宜利用原梁的承载力,宜对原梁进行加固处理。采用 X 形支撑托架等产生水平推力的托换结构时,应分析不利影响;

3 柱托换节点宜采用封闭抱柱梁式托换,抱柱梁可采用钢筋混凝土结构或型钢。抱柱梁和原柱界面应进行受剪承载力验算。钢筋混凝土抱柱托换节点新旧混凝土结合面受剪承载力计算,应按现行协会标准《建筑物移位纠倾增层与改造技术标准》T/CECS 225 的有关规定执行。

4.2.16 建筑物结构改造托换设计应符合下列规定:

1 墙体开洞、抽墙、抽柱影响整体结构的受力状况,应符合下列规定:

- 1) 洞口宽度不大于 1.0m,且墙所有洞口总宽度不大于墙体总长 1/4 时,应对墙体竖向承载力进行验算;
- 2) 洞口宽度大于 1.0m,或抽除 1 根承重柱时,应对局部结构进行验算,并宜根据验算结果增加托换结构端柱;
- 3) 当不符合本款第 1)项和第 2)项的要求时,应对托换改造后的结构进行整体验算,并采取相应的措施。

2 当利用钢筋混凝土框架梁作为托梁,并利用原梁底纵向钢筋作为托梁受拉钢筋时,应复核原框架梁在支座处的钢筋面积与搭接长度,若梁底钢筋不满足搭接长度要求,应采取下列措施:

- 1) 采用附加钢筋与原纵向钢筋焊接,附加钢筋与原纵向钢筋的级别和直径应相同;
- 2) 在搭接范围内增设 U 形箍筋或 U 形纤维片材,对构件表面有防火要求时宜采用 U 形箍筋,或按现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 规定的耐火等级及耐火极限要求,对纤维片材进行防护。

3 托换结构周围的影响构件或整体顶升后的竖向构件,应复核计算高度或长度变化后的承载力及箍筋加密等构造措施;

4 当多跨连续梁、多跨框架梁、多跨连续板拆除部分跨梁、板

后,计算简图发生变化,中间跨变为边跨时,应复核承载能力;若为框架结构,应复核框架柱的承载能力。

4.2.17 根据建筑物震损情况的不同,可采用下列托换方法:

1 建筑物某层严重损毁,其他各层基本完好时,可采用顶升托换技术,顶升设计可按现行协会标准《建筑物移位纠倾增层与改造技术标准》T/CECS 225 中升降移位和现行行业标准《建(构)筑物移位工程技术规程》JGJ/T 239 中竖向移位的规定执行;

2 砖混结构房屋窗间墙或横墙出现严重的 X 形裂缝,局部砖块破碎或脱落时,可将墙体上部的梁板进行临时支顶,重新砌筑墙体,砌筑砂浆强度等级应较原墙体等级提高一级,且不得低于 M10;

3 框架结构房屋中承重柱混凝土破损、钢筋屈服或混凝土强度严重不足时,应先进行支顶或顶升,梁板复位后,拆除破损或强度严重不足的混凝土柱,修补钢筋后重新浇筑混凝土,新混凝土强度等级应较原柱混凝土强度等级提高一级,且不应低于 C25;

4 地震引起框架结构、底框结构某层及上下相关楼层出现水平位移时,托换时宜通过增大下部楼层框架柱的截面,减小上部楼层的框架柱或墙体与下部框架柱间的偏心影响,当偏心荷载大时可采用恢复原位措施;

5 地震引起建筑物地基土液化而产生过量沉降或倾斜时,可对地基进行注浆、静压桩等加固措施及基础抬升与纠倾处理措施。

4.2.18 根据建筑物浸蚀状况的不同,应采用下列托换方法:

1 对浸蚀的砖墙体可采取分段拆换重新砌筑的托换技术,新砌体材料应选用耐腐蚀性材料,块材强度不宜低于 MU10,砌筑砂浆强度宜采用不低于 M5 的水泥砂浆或其他专用耐酸、耐碱水泥砂浆;新砌体的上端应用膨胀性水泥砂浆、混凝土与原墙体充填密实。

2 钢筋混凝土柱、墙遭受浸蚀损害时,托换处理应符合下列规定:

- 1)应根据损害程度采用临时支撑措施,然后进行托换处理;
- 2)应采取防止浸蚀物质继续腐蚀混凝土、钢筋的措施;
- 3)新浇筑混凝土的强度等级应提高一级,且不应低于 C25;
- 4)钢筋混凝土墙体受浸蚀后的托换施工可分段分批进行。

3 对受洪水浸蚀或位于洪水潜在淹没范围内的建筑物,托换设计应符合下列规定:

- 1)托换后的基底标高应在最大洪水冲刷线 1.0m 以下;
- 2)当地基受浸蚀后强度降低、变形增大或基底掏空时,应对地基进行加固处理;
- 3)对浸蚀损害的基础,应先清除腐蚀物,后根据损害程度采取填充、加固、托换的处理措施。处理方法可按现行行业标准《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123 或现行协会标准《灾损建(构)筑物处理技术规范》CECS 269 进行。

4 位于化工污水或盐碱地积水等浸蚀环境的建筑物,托换时应将被腐蚀部分剔除清理干净,剔除深度超过浸蚀面不小于 10mm;应在托换结构或构件表面涂抹防护剂,隔绝腐蚀环境与结构的接触;也可根据浸蚀速率,采取增大截面尺寸等减轻浸蚀损害的措施。

4.2.19 托换工程中的支撑设计应符合下列规定:

- 1 支撑计算的荷载取值不应小于欲拆除墙段或柱子承受的实际荷载值;
- 2 支撑应进行承载力和变形验算,并应设临时基础;
- 3 支撑宜布置在梁下,无梁时可布置在板下;
- 4 应根据支撑力验算上、下端原有梁或板的剪切或冲切承载能力;

5 支撑构件可根据荷载情况选用钢管、型钢等,截面形状、尺寸选择应满足稳定性的要求。

4.2.20 托换梁或托换桁架的挠度允许值应符合表 4.2.20 的

规定。

表 4.2.20 托换梁、钢托换桁架的挠度允许值

托换梁或托换桁架		挠度允许值
钢桁架、钢托换梁		$l/400$ ①, $l/500$ ②
钢筋混凝土托梁	$l < 7\text{m}$ 时	$l/250$
	$7\text{m} \leq l \leq 9\text{m}$ 时	$l/300$
	$l > 9\text{m}$ 时	$l/400$
注:①为永久荷载和可变荷载标准值组合后产生的挠度;②为可变荷载标准值产生的挠度。		

注:1 l 为托换梁或托换桁架的计算跨度,对悬臂梁和伸臂梁为悬伸长度的 2 倍。

2 如果构件制作时预先起拱,且使用允许,则在验算挠度时,将计算所得的挠度值减去起拱值;对预应力混凝土构件,减去预加力所产生的反拱值。

4.2.21 混凝土构件设计时的裂缝控制应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

4.3 托换工程施工

4.3.1 托换工程施工应先进行支顶,按设计要求进行加固或新增构件的施工,托换结构的施工,应在托换结构完成并达到设计要求后方可对拟拆除构件或支撑进行拆除。采用混凝土托换结构或构件时,应在混凝土强度达到设计要求后方可对拟拆除构件或支撑进行拆除。

4.3.2 托换工程支撑施工应符合下列规定:

- 1 支撑立杆上、下端应采取保证受力体系牢固、可靠的措施。
- 2 重要工程宜在工程支撑旁设置千斤顶临时支撑。
- 3 千斤顶顶力值至设计要求后,应楔紧工程支撑。千斤顶顶力值回零时,应固定工程支撑,再卸除千斤顶临时支撑。

4.3.3 抽墙法施工(图 4.3.3)应包括夹墙梁施工、矩形截面梁掏洞设置支撑施工和矩形截面梁分段施工,并应符合下列规定:

1 当采用钢筋混凝土矩形截面托梁时,可采取分段或掏洞设置支撑、后做托梁的施工方法;

2 支撑分段施工时,每段长度不宜大于 1m 与墙体 1/4 的长度较小值;

3 掏洞设置支撑时,支撑间距不宜大于 1m;

4 墙体拆除时不应三面剔槽。

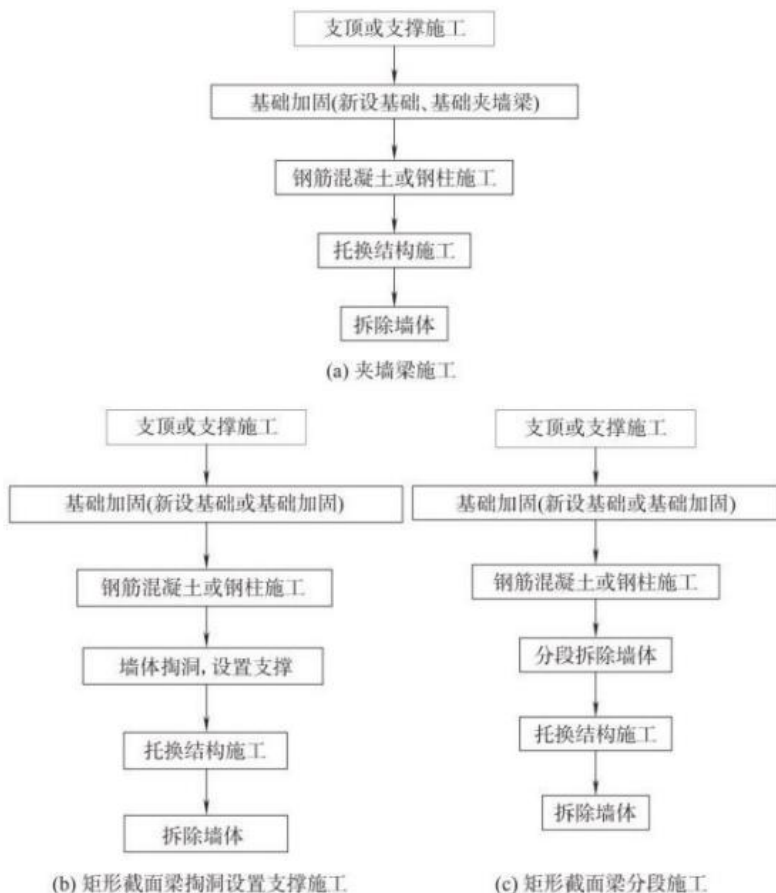


图 4.3.3 抽墙法施工顺序框图

4.3.4 抽柱法的施工(图 4.3.4)应包括支顶或支撑施工、基础加固、新增柱、托换结构、拆除墙体和新旧结构的连接等内容。

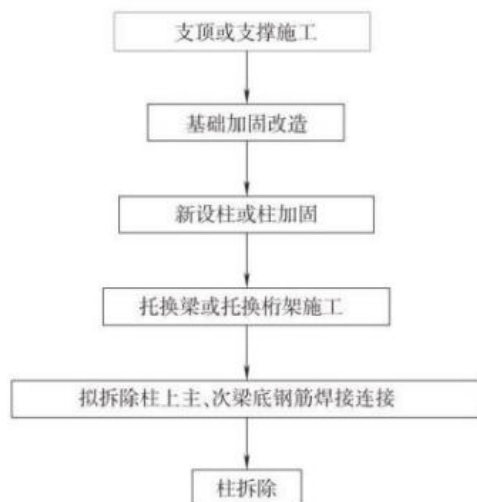


图 4.3.4 抽柱法施工顺序框图

4.3.5 灾损建筑的托换施工应符合下列规定：

1 对损伤墙体可采取分段拆换重新砌筑的托换技术，分段长度不宜大于 1.0m，并可按拆一留三的方式分批进行拆换。新砌体的上端应采用膨胀性水泥砂浆、混凝土与原墙体充填密实。

2 对损伤的钢筋混凝土柱、墙，应根据损害程度采取临时支撑措施，然后进行托换处理，锈蚀钢筋应进行除锈，并应根据锈蚀程度增焊钢筋，再支模浇灌混凝土，新旧混凝土应粘接牢固，形成共同工作。

4.3.6 拆除施工时应分期、分批进行，先拆成水平缝，然后对托换结果及受影响结构进行变形、裂缝监测，宜进行应力应变监测。当确认满足设计要求后，方可拆除剩余部分。拆除完成后，应继续监测至变形稳定，监测值应满足现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定。

4.3.7 对于重要建筑结构和变形控制严格的托换工程，托换施工全过程宜采取自动监测和千斤顶补偿调平相结合的主动托换措施。

4.4 质量控制

4.4.1 建筑物托换工程施工的质量控制应符合设计文件或现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定。

4.4.2 基础托换应进行沉降观测,直至沉降稳定,稳定后的整体沉降、局部沉降和倾斜值应符合设计文件和国家现行标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123 的有关规定。

4.4.3 地基基础托换时,应对影响范围内的周边建筑物、地下管线等市政设施的沉降、水平位移进行监测,监测结果应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定。

4.4.4 混凝土构件裂缝控制应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定,裂缝宽度检验应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定。

5 城市隧道穿越托换技术

5.1 一般规定

5.1.1 隧道穿越托换可分为隧道自身托换、影响区托换和穿越区托换,内容应包括工程调查、设计、施工、质量控制与验收。

5.1.2 隧道穿越托换工程施工前应对隧道工程施工影响区范围内的既有建筑物或构筑物进行工程调查和安全风险评估,并应根据隧道工程施工可能出现的情况及影响程度,提出相应的处理措施。

5.1.3 隧道穿越托换的设计应以托换工程安全风险评估结果为依据,根据被托换建筑物或构筑物的结构类型、基础形式、使用情况、隧道施工的影响程度以及地质环境情况进行方案比选,分别采用整体托换、局部托换或加固增强被托换建筑物或构筑物整体刚度等相结合的设计方案。

5.1.4 隧道穿越托换工程施工安全控制标准应满足原隧道穿越影响安全风险评估的保护要求和托换设计提出的控制标准。

5.1.5 隧道穿越托换结构可采用桩梁式、桩筏式及桩箱式等,竖向传力结构除宜采用单桩或多桩形式外,尚可根据场地条件选用桩排式、连墙式、墩柱式、大型井柱或沉井等形式。

5.1.6 隧道穿越托换工程的施工全过程应由施工方做好动态监测,并应委托国家认可的第三方机构进行监测复核。

5.1.7 当隧道穿越托换工程施工监测变形值大于控制值或工后降低了原设计的标准,或建设方提出要求时,应组织专家进行工后评估。

5.2 城市隧道穿越托换设计

5.2.1 隧道穿越托换工程应进行安全风险评估,评估应包括下列

内容：

1 隧道工程的自身风险及环境风险评估,应符合本规程第 B.0.1 条、第 B.0.2 条的规定；

2 隧道工程与既有建(构)筑物相对位置、施工影响范围和程度等的评估。影响程度分级和范围应符合本规程第 B.0.2 条的规定；

3 既有建(构)筑物重要性的评估应符合本规程第 B.0.3 条的规定；

4 隧道工程施工方法的特点及对环境的影响评估；

5 工程地质和水文地质对工程和环境的影响评估；

6 隧道工程风险评估及相关专项设计给定的安全控制指标的确定。

5.2.2 隧道施工引起地面沉降的范围和影响程度应符合本规程表 B.0.3 的规定。对盾构隧道施工引起地面沉降的影响范围 w (图 5.2.2),也可按下列公式估算,并应符合本规程表 B.0.3 的规定。

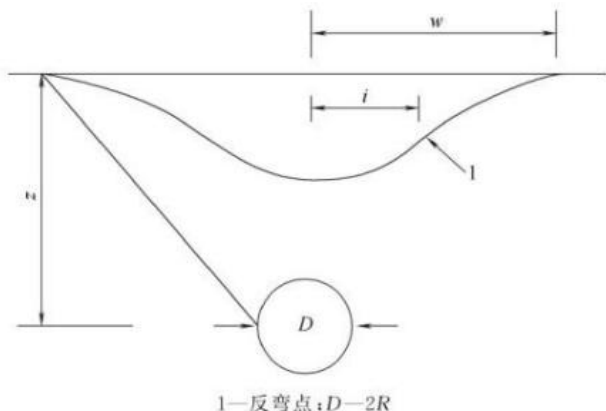


图 5.2.2 盾构隧道施工引起的地面沉降影响范围

$$w = 2.5i \quad (5.2.2-1)$$

$$i=R\left(\frac{z}{2R}\right)^n \quad (5.2.2-2)$$

$$i=\frac{z}{\sqrt{2\pi}\tan(45^\circ-\bar{\varphi}/2)} \quad (5.2.2-3)$$

式中: i ——沉降槽宽度系数,可取隧道中心至沉降曲线反弯点的距离(m);

R ——盾构隧道外半径(m);

z ——隧道中心净埋深(m);

n ——土体系数,取 0.8~1.0,土越软, n 取值越大;

$\bar{\varphi}$ ——隧道埋深范围内土体内摩擦角加权平均值(°)。

5.2.3 托换设计前应具备下列资料:

- 1 被穿越建(构)筑物的建筑结构图及检测鉴定报告;
- 2 托换工程所在区域的工程地质和水文地质资料;
- 3 托换工程前的风险识别和安全评估结论;
- 4 隧道工程设计、风险专项设计的技术要求;
- 5 托换工程前安全评估、专项设计提出的安全控制标准。

5.2.4 隧道穿越托换工程设计,应符合下列规定:

1 应根据隧道穿越工程对既有建(构)筑物影响的分析进行评价,对既有建(构)筑物进行承载力、变形验算,并应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定;

2 当通过计算与分析,隧道穿越工程将引起既有建(构)筑物的沉降、倾斜、变形、开裂等超过现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定时,应进行建(构)筑物托换加固设计。

5.2.5 穿越区的既有建(构)筑物托换设计应符合下列规定:

- 1 托换桩为摩擦桩时应采用主动托换方式;
- 2 经计算评估被托换建(构)筑物相邻构件的变形差值大于规定变形控制值时,应采用主动托换方式;
- 3 当隧道施工引起托换桩的下沉和变形不能满足规定要求时,应采用主动托换的方式;

4 经计算评估被托换建(构)筑物相邻构件变形差值满足规定变形控制值时,可采用被动托换方式;

5 对一级既有建(构)筑物、风险等级为特级和一级的托换工程,应采用主动托换的方式;

6 布置托换桩时,托换桩与隧道开挖净距不应少于 1m,托换桩桩尖进入隧道底板下土层不宜少于 1m,当隧道穿越岩层,且托换桩与隧道开挖净距大于 2m 时,可根据岩层特征情况设计桩身长度,且应满足承载力和变形的要求。

5.2.6 影响区的既有建(构)筑物托换设计除应符合本规程第 4.2 节有关规定进行设计外,尚应符合下列规定:

1 当隧道施工对建(构)筑物造成的影响为一级和二级时,可采用隔断墙将既有建筑隔开。隔断墙可采用钢筋混凝土灌注排桩、钢板桩、树根桩、水泥土搅拌桩、高压喷射注浆、注浆加固或地下连续墙等方法。

2 当隧道施工对建(构)筑物造成的影响为三级时,可采用加强建(构)筑物整体刚度、强度或采用隔断保护措施的方法。

3 当隧道施工仅对建(构)筑物地面造成影响时,可采用在建(构)筑物地面影响区内预先进行地面和地基与基础加固处理方法。

4 当既有建(构)筑物位于隧道Ⅰ级和Ⅱ级影响区内时,应对既有建筑地基进行加固。加固方法可选用锚杆静压桩、树根桩、高压喷射注浆或注浆加固等。

5 当既有建(构)筑物位于隧道Ⅲ级影响区内时,可采用增加剪力墙、斜撑、柱梁及加强既有建筑结构刚度和强度的方法。

5.2.7 既有建(构)筑物的托换体系应符合表 5.2.7-1 的规定,并可采用下列托换方法:

1 当隧道施工需切断建(构)筑物下桩体穿越时,可采用桩梁式托换体系、桩筏式托换体系或扩大承台增加新桩加固托换体系。

2 当隧道施工在桩尖以下土层或岩石穿越时,视穿越对桩的

影响程度,可采用桩梁式托换体系或扩大承台增加新桩加固、地基灌浆、加强建(构)筑物整体刚度和强度等方法。

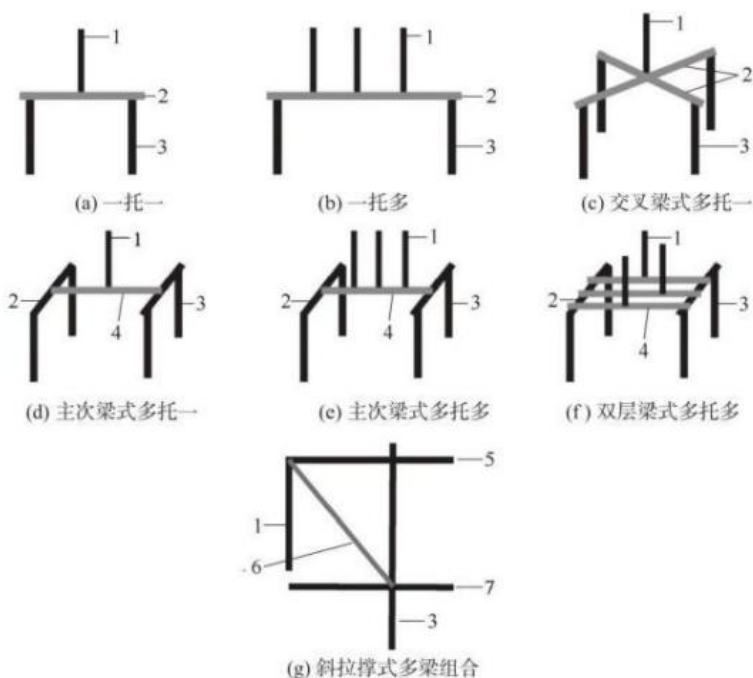
3 当隧道施工穿越建(构)筑物边沿轴线,且建(构)筑物边缘轴线处不具备施工条件时,可采用室内设置桩支点做桩梁托换体系或桩梁加斜撑托换体系。

4 对于隧道施工穿越天然地基、复合地基等建(构)筑物基础的托换,视影响情况可采用桩梁式托换体系、桩筏式托换体系或扩大承台增加新桩加固托换体系。

5 可根据现场桩位、托换梁的可施工空间、综合经济技术因素选用托换结构体系,并应符合表 5.2.7-1 的规定,桩—梁式托换结构(图 5.2.7)应符合表 5.2.7-2 的规定。

表 5.2.7-1 托换结构体系

序号	托换结构体系	适用条件
1	桩梁式托换	土质较好,上部结构较轻的建(构)筑物
2	桩筏式托换 含带格构式的筏板	土质较好,有地下箱筏结构的建(构)筑物
3	扩大承台式托换	采用多桩支承,扩大承台上托梁式或格构式筏板
4	排桩式托换	为防流沙或桩间塌土,保证作业空间,上托梁式或梁板式托换结构
5	连续墙式托换	地下水位较高,确保作业空间,上托梁式或梁板式托换结构
6	墩柱式托换	上部结构较重,需扩大基底支承面积,上托梁或梁板式托换结构
7	空心井柱式托换	上部结构较重,需扩大基底支承面积,上托梁或梁板式托换结构,成孔后可在现场装配预制井壁
8	沉井式托换	上部结构较重,需扩大基底支承面积,上托梁或梁板式托换结构,现场边开挖边下沉井筒,适用于复杂场地



1—被托换柱(桩);2—托换梁;3—新增托换桩;4—托换次梁;
5—加固梁;6—新斜撑;7—原地梁

图 5.2.7 桩—梁式托换结构示意图

表 5.2.7-2 桩—梁式托换结构

序号	名称	适用条件
1	一托一	现场有足够空间供托换桩位灵活选择
2	一托多	多根桩或柱共线,中间布置托换桩空间受限
3	交叉梁式多托一	托换梁截面高度受到现场施工条件限制,设置交叉梁体系增大托换梁刚度
4	主次梁式多托一	托换梁截面高度、托换桩梁布置位置均受到现场条件限制
5	主次梁式多托多	托换梁截面高度、托换桩梁布置位置受限,托换多根共线桩或柱

续表 5.2.7-2

序号	名称	适用条件
6	双层主次梁式多托多	被托换桩或柱数量多且不共线,且托换桩布置位置受到限制,托换次梁简支在托换主梁上
7	拉撑式多梁组合	当隧道穿越建筑物边轴线时,且建筑物室外无法施工时,设置新的托换桩支点及拉撑构件

5.2.8 隧道自身托换设计应符合下列规定:

1 衬砌托换加固可采用粘贴纤维复合材料、粘贴钢板或钢带、喷射混凝土、嵌入钢架、锚杆、套拱等方法;

2 围岩注浆和衬砌背后空洞注浆,应根据病害情况及托换加固部位合理选择注浆方式、顺序及浆液类型等;

3 当隧道衬砌劣化严重,已部分或基本失去承载能力时,应采用换拱进行托换加固,并宜根据衬砌病害情况,采用整体换拱和局部衬砌更换;

4 整体换拱衬砌宜为复合式衬砌,二次衬砌宜采用钢筋混凝土结构;局部衬砌更换宜对称更换,更换范围外扩不宜小于 300mm。

5.2.9 当采用桩梁托换和桩筏托换时,应评估托换桩的施工对托换基础及相邻基础的影响,对产生影响的基础应先加固处理后再进行托换桩的施工。

5.2.10 托换梁的变形和托换桩产生的变形或下沉对被托换建筑物相邻构件造成的差异沉降超过控制值时,应采用主动托换方式。

5.2.11 当被动托换采用桩式托换时,宜采用桩底后压浆技术,且新增托换桩承载前应进行现场静载试验。

5.2.12 同一托换桩梁采用多桩或大直径单桩构成支点的桩基托换预顶时,应设置预顶承台,并应根据预顶承台平面面积设置不少于 3 个预顶千斤顶及 3 个自锁装置。

5.2.13 主动托换顶升设计应给出顶升次数及方式,包含预顶和顶升的各级控制值、最大值等参数。

5.2.14 托换梁与被托换结构连接设计应符合下列规定:

1 新旧结构连接面的混凝土表面应凿毛或凿剪力槽,连接面抗剪验算应满足承载力的要求;

2 当托换梁采用包柱式与托换柱连接时,托换梁与柱的连接处应增设加强箍筋;

3 新旧结构之间应增加植筋、螺栓等抗剪连接件;

4 托换梁应采用微膨胀混凝土,且强度等级不应低于 C30。

5.3 城市隧道穿越托换施工

5.3.1 隧道穿越托换工程施工前应核查原隧道风险评估的调查与结构检测结果,根据需要做必要的补充调查与结构检测,并组织施工图会审及专项施工方案论证。

5.3.2 隧道穿越托换施工所需顶升设备、自锁装置、电子监测设备应进行校准后凭校准证书方可使用。

5.3.3 当采用桩梁托换和桩筏托换时,应评估托换桩的施工对托换基础及相邻基础的影响,对产生影响的基础应先加固处理后进行托换桩的施工。并符合本规程第 4.3 节及现行行业标准《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123 的有关规定。

5.3.4 隧道自身的托换施工应符合下列规定:

1 采用粘贴纤维复合材料、粘贴钢板或钢带、喷射混凝土、套拱等加固措施时,应对衬砌基面进行处理,清除表面剥落及附着物,表面应平整、干燥、清洁,新旧混凝土接触面应进行凿毛处理,凿成凹凸差不小于 6mm 的粗糙面;

2 注浆孔宜采用梅花形布设,孔深不宜小于 4m,间距宜为 0.75m~1.50m,注浆孔应采取封堵措施;

3 注浆材料宜采用现场集中拌和,浆液制备及注浆压力宜根据浆液种类、地质条件、静水压力等因素通过现场试验确定,并宜在施工中根据注浆量和注浆压力动态调整注浆参数;

4 注浆施工应按由下向上、由少水处向多水处、先两端后中间的顺序施工,地下水富集、水压较高段落,应先设置泄水孔排水,

再进行注浆；

5 换拱加固应根据地质条件、结构状况确定换拱实施方案，施工方案应包括拆除方案、临时防护措施、衬砌施工方案和应急预案；

6 整体换拱施工时，衬砌混凝土宜采用模板台车浇筑施工，换拱段落短时间可采用小模板浇筑施工，应满足衬砌表面平整度的要求；

7 局部衬砌更换施工时，宜采用植筋、凿毛处理等措施与原结构加强衔接，并宜与原衬砌平顺相接。

5.3.5 主动托换顶升施工应符合下列规定：

1 托换顶升应分级加载，初始顶升荷载可为顶升总荷载的 50%，之后每级顶升荷载增量宜为顶升总荷载的 10%，分级顶升加载间隔时间不应少于 5min；

2 预顶过程中应增设辅助支点，辅助支点可为混凝土短柱、小型钢柱与打钢楔配合；

3 预顶支点处上下支点应设置钢垫板，具体根据荷载情况决定，但尺寸不应小于 200mm×200mm，板厚不宜小于 10mm；

4 辅助支点、传力钢垫板与底部托换预顶承台之间的连接应满足设计要求，辅助支点与托换梁应垂直；

5 预顶过程中每增加一级顶升力，应检查并确认监测数据、顶升数据正常，并宜根据分析结果进行修正。

6 正式顶升完成后，辅助支点、自锁装置与托换梁之间宜通过打钢楔连接并焊接牢固；

7 当钢筋连接接头不能错开只能设置在同一连接范围内时，应根据受力特点在连接处增设加强钢筋和角钢等；

8 正式顶升后，预顶承台与托换梁之间转换承台混凝土强度等级不应小于 C30，且宜为细石混凝土，并宜对转换承台顶部进行二次压力注浆；

9 隧道开挖与主动托换法配合施工时，隧道开挖和支护进度

应与上部托换顶升柱位置的设置相互协调对应,并应满足托换构件的变形要求;

10 主动托换顶升力不得大于上部荷载计算值的 1.2 倍,且被托换结构不得有上抬趋势。

5.3.6 托换梁与被托换结构连接应符合下列规定:

1 新旧结构连接面的混凝土表面凿毛或凿剪力槽后应采用高压水冲洗干净;

2 浇注混凝土前,原结构面应保持潮湿,新旧混凝土界面应涂刷界面处理剂或素水泥浆;

3 在同一区域内托换梁的钢筋穿越原结构受力构件时,应有安全措施。

5.3.7 对在隧道工程施工影响区范围内的通信电缆、有压管道、易燃和易爆管道等对地层变形极其敏感的重要管线,应采取预防措施,宜采用悬吊等措施。

5.3.8 对隧道影响区范围内托换工程施工时,应对施工影响区范围内既有建筑物的沉降和结构变形进行监测。

5.3.9 隧道工程影响区建(构)筑物保护措施可按表 5.3.9 执行。

表 5.3.9 隧道影响区建(构)筑物保护措施

序号	保护措施	方 法
1	建(构)筑物地基加固	建(构)筑物基础埋置深度较浅时,可采用注浆法、树根桩法、灌注桩法等加固地基。加固深度应至地铁隧道底板下 1m~2m
2	建(构)筑物基础加固	基础下增加基桩,可采用静力压桩法、锚杆静压桩法等; 基础加深法、簪梁法、扩大基础面积法等
3	上部结构调整加固	增加剪力墙、加斜撑、加柱梁、加强上部结构刚度等
4	设置隔离保护结构	在隧道与建(构)筑物间设置隔离保护结构可采用水泥土搅拌桩墙法、高压喷射注浆法、钢筋混凝土排桩法、地下连续墙法、钢板桩墙法、注浆法
5	综合法	根据工程具体条件,采取上述中的两种方法综合处理

5.4 质量控制

5.4.1 隧道穿越托换工程,应按设计要求及国家现行标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 和《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123 的有关规定进行质量检验。

5.4.2 隧道施工的周边工程和设施的监测控制标准应符合设计文件的规定,定量的参数应符合本规程附录 C 的规定。

5.4.3 当监测数据出现异常时,应立即停止施工,分析原因,并采取处置措施。

5.4.4 检验验收资料应完整,并宜保留托换控制原始数据。

6 桥梁托换技术

6.1 一般规定

6.1.1 桥梁托换技术可应用于桥梁梁体、墩柱、盖梁、桥台、基础等部位。

6.1.2 桥梁托换前,应对桥梁进行检测鉴定。对使用功能、桥梁形式、荷载等级、地基基础、上部和下部结构状况等进行调查分析,并作为托换方案的依据。

6.1.3 托换设计应根据地质条件、工程条件、托换目的、技术标准等要求选择桥梁托换方案。选用的托换方案应具有可靠性和实用性。

6.1.4 桥梁托换施工前,应对托换体系的承载力和整体稳定性进行验算,并应符合国家现行标准《桥梁顶升移位改造技术规范》GB/T 51256、《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG 3363、《公路桥梁加固设计规范》JTG/T J22 和《公路桥梁加固施工技术规范》JTG/T J23 的有关规定。托换施工应采用全过程监测和主动托换措施,宜实时监测和调整受力体系的变形及内力变化。

6.1.5 应根据现场情况和设计文件编制实施性施工组织设计,施工组织设计宜包括:编制说明、旧桥概况、施工准备及施工总体策划、施工组织机构、加固施工方案、交通组织方案、资金计划、总进度计划及进度图、质量管理和质量保证体系、安全生产等内容。

6.2 桥梁托换设计

6.2.1 桥梁托换设计应遵循下列原则:

1 应根据地质勘察报告、桥梁检测报告、水文资料、使用要求及相关标准进行设计;

2 永久性托换设计荷载应采用设计值,临时性托换设计荷载应采用标准值;

3 托换工程导致永久荷载变化时,应对主要受力构件、地基与基础进行验算;

4 原结构不能满足使用要求时,托换设计应与加固设计同时进行。

6.2.2 临时性托换节点设计时,对于桩、柱上传递竖向荷载的抱柱梁结构,当不植筋时,新旧混凝土结合面竖向承载力验算可按式(6.2.2-1)进行,结合面竖向承载力可按式(6.2.2-2)计算,同时应满足构造要求:

$$\gamma V \leq V_u \quad (6.2.2-1)$$

$$V_u = 0.16 f_c A_c \quad (6.2.2-2)$$

式中: γ ——界面承载力降低综合影响系数,取值1.0~1.3;

V ——剪力设计值(kN);

V_u ——新旧混凝土结合面竖向承载力(kN);

f_c ——梁、柱混凝土抗压强度设计值(kPa),可取较低值;

A_c ——新旧混凝土结合面的有效面积(m²)。

6.2.3 永久性托换节点设计时,对于桩、柱传递竖向荷载的抱柱梁结构,当有植筋时,新旧混凝土结合面竖向承载力验算可按式(6.2.3-1)进行,结合面竖向承载力宜按式(6.2.3-2)和式(6.2.3-3)计算。

$$\gamma V \leq V_u \quad (6.2.3-1)$$

$$V_u = 0.16 f_c A_c + 0.56 f_s A_s \quad (6.2.3-2)$$

$$f_s A_s \leq 0.07 f_c A_c \quad (6.2.3-3)$$

式中: f_s ——结合面配置的植筋抗拉强度设计值;

A_s ——结合面上同一截面植筋总截面面积。

6.2.4 采用本规程第6.2.2条、第6.2.3条进行验算时,应符合下列规定:

1 对新旧混凝土结合面处,原构件的表面应凿成凹凸差不小于 6mm 的粗糙面;

2 抱柱梁的高宽比应符合混凝土梁的构造要求;

3 被抱柱梁包围的原结构,平面径向尺寸宜小于 1.5m,若超过 1.5m 时,应进行专项设计;

4 植筋位置沿高度方向距离抱柱梁上、下表面距离不宜小于 100mm,沿水平方向距离墩柱边缘不宜小于 60mm。

6.2.5 托换设计应对全桥进行整体承载力和特殊构件的强度和稳定性验算,地基承载力和地基变形应满足桥梁托换后整体结构的使用要求。新增桥墩的变形不应超过原桥墩的最终沉降量,并应符合现行行业标准《公路桥梁加固设计规范》JTG/TJ 22、《铁路桥涵设计规范》TB 10002 和现行协会标准《建筑物移位纠倾增层与改造技术标准》T/CECS 225 的有关规定。

6.2.6 桥梁托换设计中的地基承载力特征值、压缩模量等参数可通过检测鉴定确定,也可根据原桥梁设计采用的地基承载力特征值、压缩模量进行调整,调整系数可按国家现行标准《桥梁顶升移位改造技术规范》GB/T 51256、《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123 和现行协会标准《建筑物移位纠倾增层与改造技术标准》T/CECS 225 的有关规定确定。

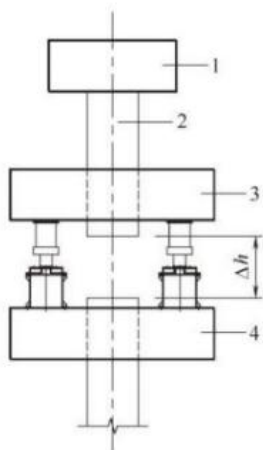
6.2.7 桩式托换设计应根据托换工程基底附加应力分布情况合理布置托换桩点,桩位宜采用对称方式布桩,减少偏心。当无法对称布桩时,可采用增大基础面积、加深桩长等方法进行基础托换。

6.2.8 托换采用的支架和支撑等构件应根据不同工况,验算强度、刚度及稳定性。

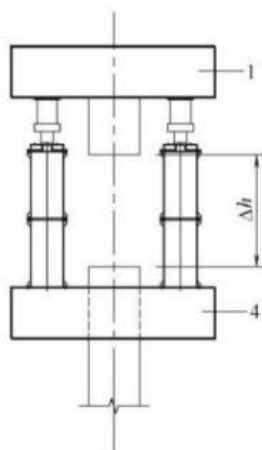
6.2.9 基础托换可采用增大基础底面积、增加基桩或桩式托换、桩箱式托换和增设支撑梁等方法进行。

6.2.10 梁桥顶升托换可采用切断式托换和非切断式托换技术。

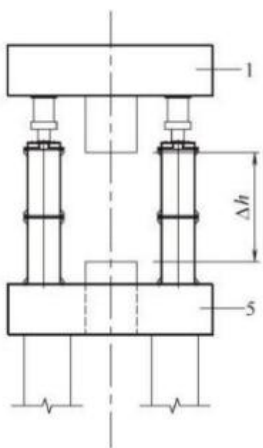
6.2.11 切断式托换可采用上抱柱梁与下抱柱梁式、下抱柱梁与盖梁式、承台与盖梁式、抱柱梁与承台式等方法(图 6.2.11)。



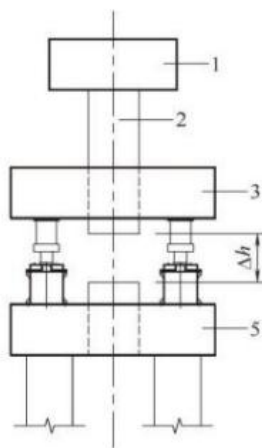
(a) 上抱柱梁与下抱柱梁式



(b) 下抱柱梁与盖梁式



(c) 承台与盖梁式图

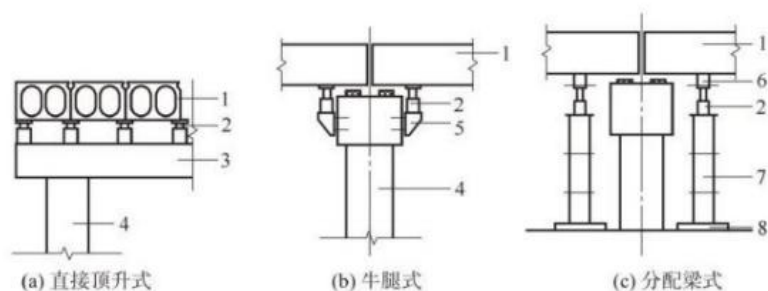


(d) 抱柱梁与承台式

1—盖梁;2—柱;3—上抱柱梁;4—下抱柱梁;5—承台; Δh —顶升高度

图 6.2.11 切断式托换示意图

6.2.12 非切断式托换可采用直接顶升式、牛腿式与分配梁式等方法(图 6.2.12)。



1—梁板；2—千斤顶；3—盖梁或柱顶；4—柱；5—钢牛腿；
6—分配梁；7—临时支撑；8—顶升基础

图 6.2.12 非切断式托换示意图

6.2.13 切断式托换结构选用应符合下列规定：

- 1 上、下抱柱梁式适用于无承台、无盖梁结构；
- 2 盖梁—抱柱梁式适用于无承台、有盖梁结构；
- 3 盖梁—承台式适用于有承台、有盖梁结构；
- 4 抱柱梁—承台式适用于有承台、无盖梁结构；
- 5 当墩柱较高时，宜采用上下抱柱梁式、盖梁—抱柱梁式、抱柱梁—承台式。

6.2.14 增大基础托换应按两阶段受力设计，基底面积应根据地基承载力验算确定。增大基础时，应将原基础存在的缺陷清理至密实部位，将结合面凿毛，应按设计要求植筋，并与新增的钢筋骨架连成整体。

6.2.15 增补基桩应按两阶段受力及新旧桩基支撑条件和桩径差异等因素进行设计。增补基桩数量及群桩基础沉降量计算应符合现行行业标准《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG 3363 和《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定。

6.2.16 增补基桩时，应计入新增桩的类型和布置等对既有基础的影响。

6.2.17 用支撑梁扩大承台时，钢筋混凝土支撑梁顶面高程不宜

高于原承台顶面高程。应增加承台厚度或在重力式承台两侧加设钢筋混凝土侧墙。承台增大截面施工应符合下列规定：

1 应先处理原承台存在的缺陷；

2 混凝土表面凿毛处理后应冲洗干净，灌注混凝土前应保持湿润清洁；

3 对原有钢筋应进行除锈处理，并应逐根分区分层进行焊接。

6.2.18 拱桥托换设计时，应计算拱脚水平推力对结构的影响，拱桥吊杆更换后的抗拉安全系数不应小于 2.5。

6.2.19 拱桥、悬吊桥设计计算应计入结构损伤、材料劣化、新旧材料的结合性能及材料性能差异因素的影响。结构材料、几何尺寸等参数应通过实测确定。

6.2.20 拱桥增大主拱截面时，新增混凝土与原混凝土或砌体结合面的抗剪能力应满足设计要求，并应计入新增混凝土收缩变形引起的结构内力重分布。

6.2.21 当拱桥托换需拆除拱上建筑时应符合下列规定：

1 拱上建筑拆除应严格按设计卸载程序进行，并应遵循对称、均衡原则；

2 对拱桥应做专门的卸载程序设计与相应的结构验算；

3 应监测 1/4 跨、拱顶及其他控制截面的挠度和拱圈横向位移和结构开裂情况；

4 多孔拱桥上建筑不能同时对称拆除时，应监测相邻跨拱圈和墩台的变位。

6.2.22 拱桥、悬吊桥杆件托换时，应分析杆件的受力状态，采取措施，确保托换前后内力不变。

6.2.23 拱桥托换前应对拱圈及拱脚裂缝、钢管混凝土脱空和基础不均匀沉降等进行处理。

6.2.24 拱上建筑拆除应进行设计，给出逐级拆除的顺序和拆除荷载量，拆除的顺序宜与修建时相反。

6.3 桥梁托换施工

6.3.1 施工前,应对顶升桥梁技术状况进行复查;重点应复查:中线、标高、跨径、坡度、梁板截面或箱室截面等主要技术参数,并应将复查结果通知有关单位;在桥梁的施工过程中,应加强观测及检查,若发现原结构或相关工程隐蔽部位的构造有严重缺陷时,应立即停工反馈至设计等相关人员处理。

6.3.2 用于桥梁托换的设备应按国家现行标准《桥梁顶升移位改造技术规范》GB/T 51256 和《公路桥梁加固施工技术规范》JTG/T J23 的有关规定校验,标定和校验应由经有关主管部门认定的计量机构进行。

6.3.3 桥梁托换施工宜减少对原结构的损伤,原结构表面植筋应分批实施,钻孔后应尽快植入钢筋,废弃的钻孔应采用植筋胶和短钢筋封堵,应避免在构件上形成薄弱面。

6.3.4 发现原结构混凝土剥落、钢筋锈蚀等耐久性病害时,应按现行行业标准《公路桥梁加固施工技术规范》JTG/T J23 的有关规定对原结构进行修复及防腐。

6.3.5 切断式施工宜包括顶升基础处理、抱柱梁制作、支撑系统设置、施力系统设置、监测系统设置、切断、顶升或降低、结构连接和临时结构拆除等工序。

6.3.6 非切断式施工宜包括顶升基础处理、支撑系统设置、施力系统设置、监测系统设置、顶升、结构连接和临时结构拆除等工序。

6.3.7 切断托换施工,应符合下列规定:

- 1 切断施工应在托换结构的混凝土达到设计强度后进行;
- 2 试运行切割系统宜将墩切出一个 5mm 左右的锯印;在切割过程中每 10mm 宜向切割缝隙中加入 8mm 钢板;
- 3 在切割过程中及切割后沉降值不满足设计要求时,若桥面及桥下出现异常应立即停止切割,检查具体情况并向有关单位反映,并应在得到相应的处理方案并实施后方可继续进行切割。

6.3.8 切断部位的构造应符合下列规定：

1 盖梁底部及承台顶部应采用钢筋混凝土或钢结构，形成适宜承力的水平支撑面；

2 切断部位应根据墩台构造、施工作业等因素确定，宜避开弯矩最大处；

3 墩台切断后，应设置纵横向限位装置，切断面上、下部位产生相对位移不宜大于 10mm。

6.3.9 非切断式托换，构造应符合下列规定：

1 直接顶升式托换应在墩台帽上用千斤顶同步顶升主梁、置换支座或加高垫石；

2 牛腿式托换应在墩台侧面安装钢制牛腿或钢筋混凝土牛腿，并应在牛腿上置放千斤顶，同步顶升主梁、置换支座或加高垫石；

3 分配梁式托换应将墩台侧地面临时处理作为支撑面基础，并应在支撑面上置放千斤顶，千斤顶上置放横向分配梁，同步顶升横向分配梁、置换支座或加高垫石；

4 非切断式托换应保证千斤顶同步施力、同步顶升。

6.3.10 对于连续梁桥的托换，宜将两个伸缩缝间的 n ($n \geq 1$) 跨同步顶升。当无法实现 n 跨同步顶升而只能实现 m ($1 \leq m \leq n$) 跨同步顶升时，顶升量必须小于顶升点的允许挠度值。

6.3.11 对于不中断行车进行托换时，同步顶升的 m ($1 \leq m \leq n$) 跨应设置从零到最大顶升量的递增递减曲线，减少行车对支撑系统的冲击。

6.3.12 对于连续梁桥和超静定异形板桥实施多跨多点同步托换时，顶升量计算应根据各点的设计高程、竣工高程、当前高程和托换后的高程，对各点不均匀沉降量的数值进行调整。

6.3.13 拱桥需顶升托换时，施工应符合下列规定：

1 抵抗水平推力的限位装置垂直度应符合设计文件的规定；

2 整体施工过程中应进行拱脚水平位移和拱顶竖向位移监测。

6.4 质量控制

6.4.1 采用直接顶升式托换时,一个施工期周期内的地基沉降量不应大于 20mm。

6.4.2 托换结构在整个施工期间的不均匀沉降量不应大于设计允许值,并不宜大于 25mm。

6.4.3 桥面构造在施工过程中的同步顶升控制精度不应大于 5mm。

6.4.4 托换施工完成后,桥梁的平面位置偏差不应大于 10mm。

6.4.5 托换施工过程中应加强巡视,若出现下列情况之一时,应立即停止施工,并采取有效补救措施:

- 1 梁桥铰缝出现裂损;
- 2 连续梁受拉区出现新的裂缝或既有裂缝长度、宽度显著增长;
- 3 支座安装不实;
- 4 吊杆、系杆及拉索防护层破损。

7 托换工程监测

7.1 一般规定

7.1.1 根据托换工程的要求和特点,应对涉及托换工程及结构安全的重要部位进行静态监测或静态与动态同时监测,并在设计文件中提出监测要求。

7.1.2 托换工程施工前,应根据监测要求与设计文件明确监测目的,结合工程的结构特点、现场及周边环境条件等因素,针对监测对象选择影响安全稳定的主要指标,制订现场监测方案。主要监测指标应包括:构件的水平位移、垂直位移、挠度、转角变化、裂缝宽度,结构的局部倾斜、整体倾斜、应力、应变以及振动,地基基础的差异沉降和沉降速率等。

7.1.3 施工单位应进行托换全过程的实时监测,对重要工程可增加第三方专业监测单位进行监测,并进行监测结果对比校核。

7.1.4 托换施工前应根据结构计算、现场及周边环境条件,并结合国家现行标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 和《建筑与桥梁结构监测技术规范》GB 50982 的有关规定,提出控制预警值及限值。对托换工程的变形及内力变化等相关监测数据,应进行相互分析验证,对出现偏差的结果应反馈处理。

7.1.5 托换后,结构变形和内力等指标应符合设计文件的规定。重要托换工程完工后尚应继续监测,监测时间应满足设计要求。

7.1.6 监测所要求的测量仪器、测量精度、测点布置、监测时间、测量标准等除应符合设计文件规定外,尚应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定。

7.1.7 监测仪器及设备应根据工程要求进行配置,建筑物托换工程常用监测仪器设备应符合本规程附录 D 的规定。

7.2 建筑物托换工程监测

7.2.1 建筑物托换工程的监测对象应为被托换的建(构)筑物及周边的工程设施。建筑物托换工程的监测项目应符合表 7.2.1 的规定。

表 7.2.1 建筑物托换工程的监测项目

托换方法	监测项目				
	沉降	倾斜	变形	裂缝	应变/应力
整体顶升	√	√	√	√	△
抽墙法	√	△	√	√	△
抽柱法	√	△	√	√	△
抽梁法	△	△	√	√	△
基础托换	√	√	√	√	△

注:1 √表示应选项目,△表示可选项目。

2 托换工程的变形监测,顶升工程中指上部结构水平位移;抽柱、墙工程中指梁竖向挠度;基础托换工程中指托换节点中新旧混凝土相对滑移或基础不同部位沉降差。

7.2.2 建筑基础和建筑主体以及墙、柱等的变形监测,应按一定周期测定变形值。观测周期应根据荷载情况、设计、施工要求确定。

7.2.3 基础托换时,建筑物的整体沉降、局部沉降、倾斜值及裂缝发展均应符合设计文件和现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定。基础变形的测点应沿基础轴线或边线布设,每一条轴线或边线上布置不得少于 3 点。

7.2.4 建筑物托换变形监测应结合托换工程的结构形式、平面形状、地基等情况确定,宜布置在下列部位:

- 1 建筑物的主要墙角、柱基及建筑沉降缝的顶部和底部;
- 2 当建筑物存在开裂时,主要裂缝的两侧;
- 3 竖向主要构件的顶部、中部和底部;
- 4 水平主要构件的两端和中部。

7.2.5 托换施工时应应对托换结构或构件及影响构件进行裂缝监测,裂缝监测宜包括裂缝宽度、深度、长度、走向及其变化,裂缝宽度不得超过现行国家标准《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292和《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144 中 b 级构件的要求。

7.2.6 建筑物托换工程,应结合工程实际情况,对关键结构构件及关键部位的应力和应变进行监测,结构应力应变监测可按本规程附录 E 填报监测表,并应符合下列规定:

1 应变监测可选用电阻应变片、振弦式应变计、光纤类应变计等应变监测元件进行监测,具体可根据监测目的和工程要求及特点进行选择;

2 应力、应变监测点的布置应根据建筑物的结构形式、结构特点、应力分布状况及托换施工工况进行布置,并宜与位移、倾斜等监测相结合;

3 应力、应变监测应与变形监测频次相同,宜采用实时监测的方式。

7.3 城市隧道穿越托换工程监测

7.3.1 城市隧道穿越托换工程的监测应包括施工单位监测和第三方监测。监测对象宜为城市隧道、隧道影响范围内的建(构)筑物及周边工程设施。

7.3.2 穿越既有地铁和地面铁路线时,应进行托换施工全过程中结构、道床和轨道的监测。

7.3.3 托换工程变形监测点的布置应符合下列规定:

1 应根据被托换建(构)筑物的重要程度、地基基础类型、结构形式和现状、托换位置和方式、隧道施工穿越时间和托换时间等因素布置监测点,监测点的布置应便于监测;

2 烟囱、水塔等高耸构筑物,应在基础周边对称布置监测点;

3 城市桥梁应在桥墩、盖梁、梁、板结构上布置监测点;

4 地下管线应在管线的接头处及管线对变形敏感部位布点;

5 有压管线和抗变形能力差、质量现状差的管线应加密布点并提高监测频率；

6 当采用桩梁式托换体系主动托换方式时，每根梁布设监测点不应少于 3 个，每柱和桩头布设不应少于 1 个，在可能产生局部倾斜的位置应布点；

7 当采用被动托换方式时，每柱布设监测点不应少于 1 个，在可能产生局部倾斜的位置应布点。

7.3.4 城市隧道穿越托换工程监测控制标准应符合本规程附录 C 的规定。

7.4 桥梁托换工程监测

7.4.1 桥梁托换工程的监测对象应为被托换的桥梁及周边工程设施。

7.4.2 测点布置应符合下列规定：

1 在桥面、盖梁、墩台、承台等处应布置水准监测点；

2 在连续梁的跨端、跨中及 $1/4$ 跨处应设置应变监测点，对于固定的墩及钢架结构，应变监测点应根据计算分析布置于内力最大处；

3 在产生相对位移的构件上应设置位移监测点。

7.4.3 监测方法可分为静态监测和动态监测，重要部位可进行全自动实时监测，宜采用电子水准仪、经纬仪、全站仪、静力水准仪、应变采集仪、位移传感器、百分表、光纤传感器等监测设备。

7.4.4 斜拉索更换时，监测索位移应符合设计文件规定；锚具轴线与孔道轴线偏差应小于 5mm。

7.4.5 吊杆更换时应监测吊杆长度、拉力、位置和高程，吊杆两侧高差应小于 20mm。

7.4.6 主缆防护应监测缠丝间距、缠丝张力和防护层厚度。

7.4.7 桥梁托换工程监测控制标准应符合本规程附录 C 的规定。

7.5 托换工程裂缝动态监测

7.5.1 裂缝或裂纹动态监测应包含对反映裂缝存在及扩展的位移、应变、倾斜度、宽度等几何参量的监测；也包含对裂缝或裂纹的活动性、发展性以及悬吊桥、后张力桥的缆索、缆丝崩断等状态变化过程的监测。

7.5.2 对于几何参量的动态监测应按现行国家标准《金属压力容器声发射检测及结果评价方法》GB/T 18182 的有关规定执行。对于裂纹、裂缝的活动性与发展状况的监测，宜采用常规手段和声发射动态监测技术。

7.5.3 裂缝声发射动态监测可在托换前、托换中及托换后等不同阶段进行。

7.5.4 用于裂缝动态监测的声发射系统性能应符合国家现行标准《金属压力容器声发射检测及结果评价方法》GB/T 18182 和《无损检测常压金属储罐声发射检测及评价方法》JB/T 10764 的有关规定。

7.5.5 根据被监测对象与结构材料、形状、尺寸等因素，声发射波形定时参数应符合表 7.5.5 的规定。

表 7.5.5 声发射波形定时参数

构件类型	选用频率 (kHz)	峰值定义时间 PDT(μ s)	撞击定义时间 HDT(μ s)	撞击闭锁时间 HLT(μ s)
钢结构	150~300	200	800	1 000
混凝土结构	30~60	500	1 000	2 000
悬吊桥、后张力桥 缆索、缆丝	20	1 000	2 000	10 000

附录 A 托换工程中千斤顶的选用

A.1 千斤顶的选用要点

A.1.1 应根据被托换建筑物整体结构的受力状况分析计算取值,确定所选千斤顶的承载力或吨位大小和数量。

A.1.2 应根据托换所需的高度或长度选择千斤顶的行程。

A.1.3 应根据放置千斤顶的空间选择千斤顶的本体高度。

A.1.4 应根据被托换物整体结构具体工况确定千斤顶的作业方式,包括顶升、提升、平移等和采用单台或多台千斤顶同步作业。

A.2 常用千斤顶的主要参数

A.2.1 超薄型千斤顶的主要参数应按表 A.2.1 选用。

表 A.2.1 超薄型千斤顶的主要参数

承载能力 (t)	行程 (mm)	本体高度 (mm)	油缸内径 (mm)	外径 (mm)	额定压力 (MPa)
5	6~60	26~80	35	50	63
10	11~60	30~84	45	70	63
20	11~60	42~91	60	92	63
30	10~60	36~96	75	102	63
50	10~60	41~101	100	127	63
75	10~60	50~110	115	146	63
100	10~60	54~114	130	165	63
150	10~60	68~84	160	205	63
200	10~60	104~164	200	245	63

A.2.2 薄型千斤顶的主要参数应按表 A.2.2 选用。

表 A.2.2 薄型千斤顶的主要参数

承载能力 (t)	行程 (mm)	本体高度 (mm)	油缸外径 (mm)	油缸内径 (mm)	额定压力 (MPa)	活塞外径 (mm)
5	20~80	46~106	59	35	63	25
10	20~80	52~130	70	45	63	35
20	20~80	60~135	92	60	63	45
32	20~80	68~136	102	75	63	50
50	20~80	74~142	127	100	63	70
75	20~80	84~160	146	115	63	70
100	30~80	100~164	165	130	63	90
150	30~80	114~170	205	160	63	115
200	16~80	135~199	245	200	63	150

A.2.3 自锁式千斤顶的主要参数应按表 A.2.3 选用。

表 A.2.3 自锁式千斤顶的主要参数

承载能力 (t)	行程 (mm)	液压缸面积 (cm ²)	液压油容量 (cm ³)	本体高度 (mm)	外径 (mm)	重量 (kg)
65	50	87	433	125	140	15
110	50	147	734	137	175	26
170	45	231	1040	148	220	44
220	45	286	1284	155	245	57
280	45	367	1649	159	275	74
430	45	559	2515	178	350	134
560	45	731	3285	192	400	189

A.2.4 大吨位千斤顶的主要参数应按表 A.2.4 选用。

表 A.2.4 大吨位千斤顶的主要参数

承载能力 (t)	行程 (mm)	本体高度 (mm)	活塞外径 (mm)	额定压力 (MPa)
50	160	335	70	63
100	160	345	100	63

续表 A. 2. 4

承载能力 (t)	行程 (mm)	本体高度 (mm)	活塞外径 (mm)	额定压力 (MPa)
150	160	345	125	63
200	200	385	150	63
320	200	410	180	63
500	200	440	200	63
600	200	460	200	63
800	100~1 000	500~1 300	320	63
1 000	100~1 000	500~1 500	360	63

A. 2. 5 大行程千斤顶的主要参数应按表 A. 2. 5 选用。

表 A. 2. 5 大行程千斤顶的主要参数

承载能力 (t)	行程 (mm)	本体高度 (mm)	活塞外径 (mm)	额定压力 (MPa)
50	250~1 000	590~1 340	100	33
100	250~1 500	585~1 835	120	40
200	250~2 500	645~2 895	160	45
320	250~2 500	705~2 955	200	52
400	250~1 200	955~1 655	220	50
500	250~2 500	715~2 965	250	50
600	250~2 000	715~2 465	280	50
800	500~1 000	965~1 465	300	50

A. 2. 6 穿心式千斤顶的主要参数应符合下列规定：

1 松卡式千斤顶的主要参数应按表 A. 2. 6-1 选用。

表 A. 2. 6-1 松卡式千斤顶的主要参数

承载能力 (t)	工作油压 (MPa)	液压行程 (mm)	提升(牵引)杆直径 (mm)	提升(牵引)杆
16	16	100	32	钢棒
25	25	100	38	钢棒
100	25	200	55	钢棒
30	25	100	18	钢绞线

2 穿心式牵引千斤顶的主要参数应按表 A. 2. 6-2 选用。

表 A. 2. 6-2 穿心式牵引千斤顶的主要参数

承载能力 (t)	行程 (mm)	工作压力 (MPa)	穿心孔直径 (mm)	钢绞线根数 (根)	钢绞线直径 (mm)
20~26	150~250	50~63	16~18	单根	15
100	200	51	90	3~5	15
150	200	51	128	6~7	15
250	200	54	136	8~13	15
350	200	54	190	14~15	15
400	200	52	190	19	15
500	200	49	196	21~22	15
650	200	49	240	25~27	15
900	200	54	280	37~43	15
1200	200	51	275	55	15

A. 2. 7 同步千斤顶的主要参数应符合表 A. 2. 7 的规定。

表 A. 2. 7 同步千斤顶的主要参数

承载能力 (t)	本体高度 (mm)	行程 (mm)	油缸外径 (mm)	活塞杆直 径(mm)	油缸直径 (mm)	重量 (kg)	工作压力 (MPa)	推荐泵站 的功率
50	225	100	140	70	100	40	63	50t~200t 可选配 0.55kW、 0.75kW、 1.5kW、 4kW、 5.5kW、 7.5kW、 11kW
	285	160	140			46		
	325	200	140			53		
	425	300	140			68		
	625	500	140			79		
	725	600	140			91		
	925	800	140			103		
	1125	1000	140			114		
	1625	1500	140			150		
	2125	2000	140			196		

续表 A.2.7

承载能力 (t)	本体高度 (mm)	行程 (mm)	油缸外径 (mm)	活塞杆直 径(mm)	油缸直径 (mm)	重量 (kg)	工作压力 (MPa)	推荐泵站 的功率
100	250	100	180	100	140	66	63	50t~200t 可选配 0.55kW、 0.75kW、 1.5kW、 4kW、 5.5kW、 7.5kW、 11kW
	310	160	180			71		
	350	200	180			88		
	450	300	180			106		
	650	500	194			113		
	750	600	194			143		
	950	800	194			176		
	1150	1000	194			199		
	1650	1500	194			286		
	2150	2000	194			378		
150	285	100	233	125	180	71	63	
	345	160	233			81		
	385	200	233			91		
	485	300	233			123		
	685	500	245			165		
	785	600	245			199		
	985	800	245			233		
	1185	1000	245			273		
	1685	1500	245			368		
	2185	2000	245			470		
200	285	100	250	150	200	110	63	
	345	160	250			133		
	385	200	250			156		
	485	300	273			191		
	685	500	273			241		
	785	600	273			292		
	985	800	273			342		
	1185	1000	273			392		
	1685	1500	273			510		
	2185	2000	273			690		

续表 A.2.7

承载能力 (t)	本体高度 (mm)	行程 (mm)	油缸外径 (mm)	活塞杆直 径(mm)	油缸直径 (mm)	重量 (kg)	工作压力 (MPa)	推荐泵站 的功率
320	310	100	325	180	250	216	63	可选配 1.5kW、 4kW、 5.5kW、 7.5kW、 11kW
	370	160	325			260		
	410	200	325			288		
	510	300	350			331		
	710	500	350			466		
	810	600	350			498		
	1010	800	350			528		
	1210	1000	350			558		
	1710	1500	350			750		
	2210	2000	350			960		
400	355	100	377	200	280	218	63	可选配 4kW、 5.5kW、 7.5kW、 11kW、 15kW
	415	160	377			251		
	455	200	377			310		
	555	300	402			387		
	755	500	402			486		
	855	600	402			510		
	1055	800	402			540		
	1255	1000	402			570		
500	360	100	420	250	320	420	63	可选配 4kW、 5.5kW、 7.5kW、 11kW、 15kW
	420	160	420			441		
	460	200	426			461		
	560	300	426			511		
	760	500	426			719		
	860	600	426			760		
	1060	800	426			810		
	1260	1000	426			869		

续表 A.2.7

承载能力 (t)	本体高度 (mm)	行程 (mm)	油缸外径 (mm)	活塞杆直 径(mm)	油缸直径 (mm)	重量 (kg)	工作压力 (MPa)	推荐泵站 的功率
630	417	100	480	280	360	560	63	可选配 5.5kW、 7.5kW、 11kW、 15kW
	477	160	480			633		
	517	200	480			696		
	617	300	505			898		
	817	500	505			1 250		
	917	600	505			1 660		
	1 117	800	505			2 070		
	1 317	1 000	505			2 450		
800	488	100	540	320	400	896	63	可选配 7.5kW、 11kW、 15kW
	598	200	540			1 040		
	698	300	550			1 380		
	898	500	550			1 520		
	998	600	550			1 750		
	1 198	800	550			1 980		
	1 398	1 000	550			2 280		
1 000	530	100	600	360	450	1 286	63	可选配 7.5kW、 11kW、 15kW
	630	200	600			1 332		
	760	300	625			1 663		
	960	500	625			2 063		
	1 060	600	625			2 480		
	1 260	800	625			2 890		
	1 460	1 000	625			3 090		

附录 B 城市隧道工程自身风险 和环境风险等级

B.0.1 城市隧道工程自身风险等级宜根据施工方法、地质情况和结构形式确定,等级划分宜按表 B.0.1 确定。

表 B.0.1 隧道工程自身风险等级

等级	施工方法	地铁工程
一级	矿山法	1. 双层隧道
		2. 净跨大于 15.5m 单层隧道,如地铁站
		3. 净跨大于 14m 单层隧道,如地铁区间
	盾构法	4. 较长范围非常接近并行或交叠隧道
二级	矿山法	1. 净跨大于 9m 的隧道
	盾构法	2. 不良地质地段联络通道
		3. 不良地质地段始发段和到达段
		4. 较长范围接近并行或交叠隧道
三级	矿山法	1. 净跨小于 9m 的隧道
	盾构法	2. 一般隧道
		3. 较长范围较接近并行或交叠隧道

B.0.2 城市隧道工程环境风险等级应根据周边与隧道之间的关系、工程地质性质、施工方法和结构形式确定,环境风险等级划分宜按表 B.0.2-1 确定。隧道施工影响范围和影响程度宜按表 B.0.2-2 确定。

表 B.0.2-1 隧道工程环境风险等级

等级	周边工程和设施	影响程度	穿越形式	施工方法
特级	1. 既有地铁和地面铁路	—	下穿	矿山法
	2. 桥梁	I	下穿、侧穿	盾构法

续表 B.0.2-1

等级	周边工程和设施	影响程度	穿越形式	施工方法
一级	1. 重要市政管线	I	下穿	盾构法、 矿山法
	2. 重要既有建(构)筑物	I	下穿	
	3. 河流、湖泊	—	下穿	
	4. 重要既有地铁	—	上穿	
	5. 既有地面线	I	邻近	
	6. 重要桥梁	II	邻近	
	7. 既有地铁和地面铁路	—	下穿	盾构法
二级	1. 普通既有建(构)筑物	III	下穿	盾构法、 矿山法
	2. 普通市政道路	II	下穿	
	3. 普通市政管线	II	下穿	
	4. 普通既有地铁线	II	邻近	
	5. 普通桥梁	II	邻近	
三级	1. 一般市政管线	III	下穿	盾构法、 矿山法
	2. 一般市政道路及基础设施		下穿	
	3. 一般既有建(构)筑物	III	邻近	
	4. 一般市政道路		邻近	

注:影响程度根据隧道埋深和施工方法影响区范围确定,划分为 I 区表示强烈影响区;II 区表示显著影响区;III 区表示一般影响区。

表 B.0.2-2 城市隧道施工影响范围和影响程度

施工方法	影响程度(区)	影响范围	备注
矿山法	I	隧道正上方地面轴线两侧 $0.7z_1$ 范围	z_1 为隧道底板埋深(m)
	II	隧道地面轴线两侧 $0.7z_1 \sim 1.0z_1$ 范围	
	III	隧道地面轴线两侧 $1.0z_1 \sim 1.5z_1$ 范围	
盾构法	I	隧道正上方地面轴线两侧 $0.5z_2$ 范围	z_2 为隧道中心埋深(m)
	II	隧道地面轴线两侧 $0.5z_2 \sim 0.7z_2$ 范围	
	III	隧道地面轴线两侧 $0.7z_2 \sim 1.2z_2$ 范围	

注:本表适用于粉土、砂性土等较密实土层的城市隧道施工影响范围和影响程度的确定。

B.0.3 城市隧道工程周边既有建筑物重要性宜根据工程条件、结构形式和破坏后的严重性进行划分,既有建筑物重要性等级宜按表 B.0.3 确定。

表 B.0.3 既有建构筑物重要性等级

工程性质	重要性等级		
	一级	二级	三级
破坏后果	后果很严重。有重大国际或非常大的国内政治影响,经济损失严重	后果严重。严重政治影响,经济损失较大	后果一般。有一定的政治影响和经济损失
既有建(构)筑物	古建筑、近代优秀建筑、重要工业建筑、10层以上高层建筑、高度大于24m的地上构筑物、重要地下构筑物、大跨度建筑	一般工业建筑、4层~6层多层建筑、7层~9层中高层建筑、10m~24m的地上构筑物、一般地下构筑物	次要的工业建筑、1层~3层低层建筑、小于10m的地上构筑物、次要地下构筑物
地下管线	有压管线、重要通信电缆	无压雨水、污水管线	无压其他管线
城市道路	停机坪、城市快速路、主干路、高速路	城市次干道	城市支路、人行道
城市桥梁	城市高架桥、立交桥主桥(连续箱梁)、铁路桥梁	立交桥主梁(简支T梁)、异形板、立交桥匝道桥	人行天桥、其他一般桥
既有轨道交通	地下区间轨道岔区	地下车站、地下区间其他部位、地面车站	通风竖井、风道、联络通道、地下车站出入口

附录 C 托换工程影响区监测控制标准

C.0.1 既有建(构)筑物重要性等级应按照本规程第 B.0.3 条确定。

C.0.2 针对工程中常见粉土和砂性土等较密实的土层,各种设施控制标准宜符合下列规定:

1 建(构)筑物监测控制标准宜按表 C.0.2-1 的规定执行;

表 C.0.2-1 建(构)筑物监测控制标准

监控项目	重要性等级			
	一级	二级	三级	备 注
允许沉降控制值(mm)	≤ 15	≤ 20	≤ 30	—
差异沉降控制值(mm)	≤ 5	≤ 8	≤ 10	指测点间的沉降差值,测点间距离一般为 20m 左右
沉降最大速率控制值(mm/d)	≤ 1	≤ 1.5	≤ 2	—
倾斜率控制值	≤ 0.002	—	—	基础倾斜方向的沉降差值与基础长(或宽)之比

2 地下管线监测控制标准宜按表 C.0.2-2 的规定执行;

表 C.0.2-2 地下管线监测控制标准

监控项目	重要性等级		
	一级	二级	三级
允许位移控制值(mm)	≤ 10	≤ 20	≤ 30
倾斜率控制值	≤ 0.002	≤ 0.005	≤ 0.006

3 城市道路沉降监测控制标准宜按表 C.0.2-3 的规定执行;

表 C.0.2-3 城市道路沉降监测控制标准

监控项目	重要性等级		
	一级	二级	三级
允许沉降控制值(mm)	≤10(停机坪) ≤20(其他)	≤30	≤40
沉降平均速率控制值(mm/d)	≤0.5(停机坪) ≤1(其他)	≤2	≤2
沉降最大速率控制值(mm/d)	≤1(停机坪) ≤2(其他)	≤3	≤4

4 城市桥梁监测控制标准宜按表 C.0.2-4 的规定执行；

表 C.0.2-4 城市桥梁监测控制标准

监控项目	重要性等级		
	一级	二级	三级
桥梁墩台允许沉降控制值(mm)	≤15	≤25	≤30
纵向桥梁墩台差异沉降控制值(mm)	2	2	3
横向梁墩台差异沉降控制值(mm)	3	3	4
承台水平位移控制值(mm)	3	3	4

5 既有城市轨道交通结构监测控制标准宜按表 C.0.2-5 的规定执行；

表 C.0.2-5 既有城市轨道交通结构监测控制标准

监控项目	重要性等级		
	一级	二级	三级
隧道结构允许沉降控制值(mm)	≤5	≤10	≤20
隧道结构允许上浮制值(mm)	≤5	≤5	≤5
隧道结构允许水平位移制值(mm)	≤3	≤4	≤5
差异沉降控制值(mm)	≤1	≤2	≤4
位移平均速率控制值(mm/d)	1	1	1
位移最大速率控制值(mm/d)	1.5	1.5	1.5

6 既有城市轨道交通线路轨道、道床监测控制标准宜按表 C.0.2-6 的规定执行；

表 C.0.2-6 既有城市轨道交通线路轨道、道床监测控制标准

监控项目	控制标准
轨道坡度允许控制值	1/2 500
道床允许剥离量控制值(mm)	1
结构变形缝开合度控制值(mm)	5~7
轨道结构允许垂直位移量控制值(mm)	5~10

7 既有城市轨道交通地表沉降(隆起)监测控制标准宜按表 C.0.2-7 的规定执行；

表 C.0.2-7 既有城市轨道交通地表沉降(隆起)监测控制标准

监控项目	矿山法	盾构法
地表沉降(mm)	≤30(区间)和≤60(车站)	≤30
地表隆起(mm)	—	≤10
位移平均速率控制值(mm/d)	2	1
位移最大速率控制值(mm/d)	5	3

8 既有铁路监测控制标准宜按表 C.0.2-8 的规定执行。

表 C.0.2-8 既有铁路监测控制标准

监控项目	控制标准
路基沉降控制标准(mm)	10~30
路基位移平均速率控制标准(mm/d)	1.0
路基位移最大速率控制标准(mm/d)	1.5
轨道坡度允许控制标准	1/2 500

C.0.3 监控项目中的沉降平均速率宜为 7d 沉降数值的平均值。沉降最大速率宜为某一天的最大沉降值。

附录 D 常用监测仪器及设备

表 D 常用监测仪器及设备

序号	监测项目	监测仪器及设备	精度要求
1	竖向位移	电子水准仪	0.5mm/km
2		百分表或千分表	0.01mm 或 0.001mm
3		电子位移计	0.001mm
4		电子全站仪	1mm/km
5		三维激光扫描仪	3mm
6		静力水准仪传感器	0.1mm
7	水平位移	电子经纬仪	2"
8		百分表或千分表	0.01mm 或 0.001mm
9		电子位移计	0.001mm
10		电子全站仪	1mm/km
11		三维激光扫描仪	3mm
12		激光垂准测量仪	1/100 000
13		GPS	5mm
14	垂直度	电子经纬仪	2"
15		电子全站仪	1mm/km
16		激光垂准测量仪	1/100 000
17		铅垂	1mm
18	挠度	电子水准仪	0.5mm/km
19		电子全站仪	1mm/km
20		三维激光扫描仪	3mm
21		挠度仪	0.02mm/30m 处

续表 D

序号	监测项目	监测仪器及设备	精度要求
22	水平倾角	倾角仪	0.001°
23		电子经纬仪	$2''$
24		电子全站仪	$2''$
25	钢结构应力	百分表或千分表	0.01mm 或 0.001mm
26		电阻应变计	1%
27		电子位移计	0.001mm
28		应力计	$\pm 0.1\%$
29	混凝土应力	百分表或千分表	0.01mm 或 0.001mm
30		电阻应变计	1%
31		电子位移计	0.001mm
32		混凝土应力计	$\pm 0.1\%$
33	钢筋应力	百分表或千分表	0.01mm 或 0.001mm
34		电阻应变计	1%
35		电子位移计	0.001mm
36		钢筋应力计	$\pm 0.1\%$
37	裂缝宽度	裂缝宽度观测仪	0.01mm
38		电子位移计	0.001mm
39		读数显微镜	0.05mm
40		裂缝综合检测仪	0.02mm
41		裂缝传感器	0.01mm
42	裂缝深度	裂缝深度检测仪	$\pm 5\%$
43		裂缝探伤仪	1mm
44		裂缝综合检测仪	1mm
45	振动	位移传感器	0.5mm
46		速度传感器	0.2mm/s

附录 E 结构应力应变监测表

表 E 结构应力应变监测表

[illegible]

监测员: 计算: 复核: 监测负责人: 年 月 日

用词说明

为便于在执行本规程条款时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

- 1 表示很严格,非这样做不可的:
正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;
- 2 表示严格,在正常情况下均应这样做的:
正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;
- 3 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:
正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;
- 4 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

引用标准名录

本规程引用下列标准。其中,注日期的,仅该日期对应的版本适用于本规程;不注日期的,其最新版适用于本规程。

- 《砌体结构设计规范》GB 50003
- 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
- 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 《建筑抗震设计规范》GB 50011
- 《建筑设计防火规范》GB 50016
- 《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144
- 《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202
- 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
- 《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292
- 《混凝土结构加固设计规范》GB 50367
- 《建筑与桥梁结构监测技术规范》GB 50982
- 《桥梁顶升移位改造技术规范》GB/T 51256
- 《工程结构通用规范》GB 55001
- 《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003
- 《既有建筑鉴定与加固通用规范》GB 55021
- 《金属压力容器声发射检测及结果评价方法》GB/T 18182
- 《建筑变形测量规范》JGJ 8
- 《建筑地基处理技术规范》JGJ 79
- 《建筑桩基技术规范》JGJ 94
- 《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123
- 《建(构)筑物移位工程技术规程》JGJ/T 239
- 《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG 3363

《公路桥梁加固设计规范》JTG/T J22

《公路桥梁加固施工技术规范》JTG/T J23

《铁路桥涵设计规范》TB 10002

《无损检测常压金属储罐声发射检测及评价方法》JB/T 10764

《建筑物移位纠倾增层与改造技术标准》T/CECS 225

《灾损建(构)筑物处理技术规范》CECS 269

中国工程建设标准化协会标准

建(构)筑物托换技术规程

T/CECS 295—2023

条文说明

修 订 说 明

本规程是在《建(构)筑物托换技术规程》CECS 295:2011(以下简称原规程)的基础上修订而成。

本规程修订过程中,编制组利用三年多的时间对近些年在工程应用中所涉及的新工艺、新方法及扩展的相关领域进行了深入调查研究,吸收了我国近十年在托换技术上取得的科研成果和实践经验,同时参考了国内外最新的技术和新专利,如《调节桩头卸荷纠倾装置》ZL 032 66414.1,《新修隧道穿越既有建筑物的托换系统》ZL 2012 2 0314077.2,《一种钢托盘支撑传力系统》ZL 2013 1 0044998.0,《一种可调节高度的永久支撑自锁装置》ZL 2016 2 0697033.0,《一种建筑物特殊地基加固的处理系统》ZL 2017 2 0696765.2,《建筑物桩基础复压提高承载力的装置》ZL 2018 2 0686436.4,《修隧道穿越既有建筑主动托换的托换系统》ZL 2019 2 0617951.1,《一种建筑物自动动态迫降顶升信息化纠倾方法》ZL 2018 1 0350903.1等。通过2007—2019年各类工程应用,使得建筑物托换技术从工业和民用建筑领域延伸至隧道、桥梁、公路等工程领域。各类工程在托换技术方面的研究课题及工程经验均获得了工程实践的第一手资料,为重大科技设备的研发和规程的修订提供了技术保障。

本次修订主要以原规程章节为主,根据最近几年建筑物或构筑物托换技术和应用等进行修改、新增和完善。修订主要技术内容为:

1. 调整了原规程的章节顺序,按建筑物托换技术、城市隧道托换技术、桥梁托换技术和托换工程监测四大项分别归纳和总结了各章内容;

2. 建筑物托换技术章节,结合最新的工程经验及科研成果将原有的建筑物改造托换和灾损建筑物托换内容按托换工程设计和施工进行了系统的归纳和汇总;

3. 城市隧道穿越托换章节,新增了安全风险评估内容,隧道穿越托换设计和施工融入原规程穿越区隧道托换章节的内容并进行了新增和细化;

4. 桥梁托换技术章节按设计和施工及拱桥重新对本章节内容进行了整理和汇总;

5. 托换工程监测章节在完善原有章节的基础上新增了托换工程应变监测和变形监测等内容;

6. 新增了附录 D 和附录 E 的相关内容。

为了便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条款规定,《建(构)筑物托换技术规程》编制组按章、节、条顺序编制本规程的条文说明,对条款规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明。本条文说明不具备与规程正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

本规程所替代的历次版本为:

——《建(构)筑物托换技术规程》CECS 295:2011

主 编 单 位:广东金辉华集团有限公司

北京交通大学

参 编 单 位:广州市胜特建筑科技开发有限公司

上海天演建筑物移位工程有限公司

山东建筑大学

中冶集团建筑研究总院

中铁西北科学研究院有限公司

辽宁省建设科学研究院

五邑大学

北京城建设计研究总院有限责任公司

同济大学

黑龙江省四维岩土工程有限责任公司

美国物理声学公司北京代表处

北京中建建筑科学研究院有限公司

主要起草人:唐业清 崔江余 李 甫 王 桢

卢文权 叶观宝 李安起 吴如军

何新东 杨桂芹 周 利 张 鑫

景建国 董卫平 蓝戊己 楼永林

费慧慧

目 次

1	总 则	(75)
3	基本规定	(76)
4	建筑物托换技术	(78)
4.1	一般规定	(78)
4.2	托换工程设计	(78)
4.3	托换工程施工	(82)
4.4	质量控制	(83)
5	城市隧道穿越托换技术	(84)
5.1	一般规定	(84)
5.2	城市隧道穿越托换设计	(86)
5.3	城市隧道穿越托换施工	(94)
5.4	质量控制	(96)
6	桥梁托换技术	(97)
6.1	一般规定	(97)
6.2	桥梁托换设计	(98)
6.3	桥梁托换施工	(105)
6.4	质量控制	(108)
7	托换工程监测	(110)
7.1	一般规定	(110)
7.2	建筑物托换工程监测	(111)
7.3	城市隧道穿越托换工程监测	(113)
7.4	桥梁托换工程监测	(113)
7.5	托换工程裂缝动态监测	(114)
附录 A	托换工程中千斤顶的选用	(118)

1 总 则

1.0.1 当前我国城市立交及江河上已建的桥梁工程,水上通航净空多数不能满足迅速发展的航运要求,许多桥梁工程都面临进行顶升托换改造或拆除重建的严重局面。全国许多城市都在修建地下铁道工程、城市轻轨工程,与城市既有建(构)筑物都产生直接的交叉影响,如地面塌陷、变形较大或与地下结构相交等。为保护既有建(构)筑物的安全,保证地铁、轻轨工程的顺利施工,常常需要进行托换改造;此外建(构)筑物因洪水、地震、滑坡等自然灾害,矿区城市废弃巷道的坍塌等,都对地面建(构)筑物造成直接影响,往往需要对这些建(构)筑物进行托换改造和加固,为适应上述需要需对本规程进行修订。

1.0.2 在桥梁、地铁、轻轨、建(构)筑物的托换改造等工程中,需要进行有别于新建工程的设计、施工和工程监测与检验验收等工作,本规程是在总结国内已取得先进工程经验、科技成果基础上编制完成的,为上述工程提供了实用、可靠、经济合理的设计、施工和监测检验验收方法。

1.0.3 本条要求在进行桥梁、地铁、轻轨、建筑物的托换改造工程中,应根据具体环境和工程条件,做到因地制宜、就地取材、节约资源、精心设计、精心施工,应降低工程造价和缩短工期。

1.0.4 在进行托换工程中,除执行本规程外,还应执行国家现行标准,本规程也是国家相关技术标准的延伸和补充。

3 基本规定

3.0.1、3.0.2 建筑物托换的目的是改变原结构的使用功能,或使灾损建筑物恢复原结构的安全状态。对于水塔、烟囱、筒仓等特种结构,可根据其结构特点参照本规程进行,如上述结构有其特殊要求,应遵循该结构相关标准的要求。本次修订增加了建筑物托换按功能和目的的分类方法。

3.0.3 从事建筑活动的建筑设计单位、施工企业、勘察单位、工程监理单位、监测单位、结构检测鉴定单位等,应经资质审查合格,取得相应等级的资质证书后,方可在其资质等级许可的范围内从事建筑活动。这是《中华人民共和国建筑法》中对企业从业资格的普遍规定,托换工程也不例外。但托换工程是建筑特种工程,具有一定的特殊性、风险性,设计、施工、监理和检测监测单位的选择要特别慎重和严格。

3.0.4 建(构)筑物托换工程是一项综合性很强的特殊工程,设计施工前应了解详细的工程地质、水文地质资料和既有建筑结构的原设计、使用状况和现状,进行必要的结构检测鉴定。对于地基与基础应进行查勘和检查,当不满足托换要求时应做补充勘察。对工程环境应进行调查,其影响施工或对施工可能有安全风险的环境因素,应制订有针对性的保护措施。

3.0.5~3.0.7 充分利用既有结构的承载力,设计时应针对上部结构、基础和地基的共同作用,可以在安全可靠的条件下降低托换工程的实际成本。临时托换结构在完成托换施工后要拆除,承担荷载的时间短,进行托换时可能一些活荷载已卸除。因此不必按一般设计的荷载取值,可按实际荷载取用。对于托换施工完成后,需要保留的构件应满足使用阶段的受力要求。

3.0.10 托换施工时,拆除施工是很关键阶段,也是容易出现危险的阶段,因此拆除施工前应进行可靠支顶,以保证未拆结构荷载传力路线可靠,托换结构达到设计要求后方可进行拆除施工。拆除施工时,应分期、分批进行。先分期、分批拆成“一”字形水平缝,监测托换结构的状况,对托换结构及受影响结构进行变形、裂缝监测,对重要和关键构件应进行应力和应变监测。根据监测结果再确定下步施工,确保安全。确认满足标准及设计要求后,方可拆除下部剩余部分。拆除完成后,托换结构监测应持续至结构变形稳定为止。

3.0.11 托换工程不同于新建工程,过程中的应力、变形控制非常重要。如何保证施工按照预计目标进行,动态监测将发挥重要作用。实时动态监测可以全面反馈施工过程中的各种信息,及时调整托换施工的各种参数和解决出现的安全问题。动态监测可以积累、总结设计施工经验,为托换工程的技术发展提供可靠、有益的数据和技术支撑。

3.0.14 移位技术是托换工程中常用的比较成熟的技术。移位可以是顶升、平移、迫降、旋转等。移位技术的关键设备是千斤顶。本规程附录 A 列出六类千斤顶的主要参数和性能,可根据托换工程的需要和条件进行选用。

千斤顶在整套托换设备中是执行机构,是完成建(构)筑物托换工程的关键设备。在托换工程中一般采用分离式电动液压千斤顶。该千斤顶的油泵(泵站)与液压缸是分离的,中间用高压软管相联。此千斤顶结构紧凑,能顶升重物,又能旋转和平移重物,最大承载能力可达 10 000kN,最大行程 2.5m。但在长期支撑重物时,容易漏油,不宜选用。

4 建筑物托换技术

4.1 一般规定

4.1.1 建筑物托换的目的是改变原结构的使用功能,或使灾损建筑物恢复原结构的安全状态。

4.1.3 本条规定了恢复建筑物原结构安全状态的处理方法。临近基坑开挖需进行托换时,可参照本规程进行。本次修订时,进行了适当扩充范围,调整为“材料强度不满足要求”。

4.1.4 对于损伤后需要进行托换的建筑物,由于造成损伤的因素多,且各自具有相应特殊性,因此托换设计应针对造成损伤的因素提出具有针对性的处理措施,同时提出对造成损伤的因素进行治理和托换的先后顺序。

4.1.6 本条对增加层高采用的托换技术做出了规定。

2 因为局部增加层高时,往往也需增大开间或进深,因此本款中的处理方法中除抽梁法外,还包括抽墙法、抽柱法。

3 增加了托换框架的要求,托换框架在平面内以及平面外均应具有足够的刚度。

4.1.8 本条是针对砌体结构开设洞口做出的规定,调整了洞口宽度限值和墙长比值限值。对于钢筋混凝土剪力墙开设洞口,因其受力复杂,必须慎重对待。

4.1.9 基础托换、地基处理的设计与施工除了满足本规程的要求,尚应符合相关国家现行标准的要求,本条列出了部分相关标准。

4.2 托换工程设计

4.2.1 本条在原规程第 6.1.4 条的基础上进行了调整。

建筑物托换会改变原有部分结构构件的受力状态、边界条件,

托换结构和构件为新增,设计时应考虑托换后结构的整体性;建筑物托换会对原结构的规则情况有一定影响,但应采取措施尽可能保证建筑物的规则;对托换中和托换后的建筑物应进行整体验算,以便对薄弱部位进行加固处理。

托换后结构的使用功能等可能发生变化,其安全等级可能有所调整。因建筑物托换时,既有基础可能已经发生沉降、倾斜等,既有结构已经发生了变形、开裂等,或者因遭受灾害而发生损坏,已经超过新建建筑相应的质量控制指标,因此建筑物托换工程的质量控制应以托换后的沉降、倾斜、变形、开裂为准,而不宜按新建建筑的质量控制标准进行质量控制。当托换前的沉降、倾斜、变形、开裂等指标超过相关国家现行标准时,托换设计时应考虑到其影响,或者在设计时采取相应措施,根据托换工程的特点和使用性质,降低使用标准。

针对托换工程的特点,提出计算简图、构造措施、托换各阶段的设计要求,对托换过程中的支撑体系设计提出要求。

4.2.2 本条列出目前国家现行标准中常用的地基处理方法,各种方法的适用范围和条件按照相应标准执行。

4.2.4 本条在原规程第 6.3.3 条的基础上进行了调整,根据地下洞穴及采空区的不同地质条件、稳定状况及与建筑物的相对位置关系,提出了 6 种应对措施。

4.2.5 本条在原规程第 6.3.4 条的基础上进行了调整,针对建筑物基础下存在软弱地基的不同成因及现状,提出了 5 种不同的托换处理措施。

4.2.6 本条为原规程第 6.2.9 条,现行行业标准《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123 给出了地基基础加固处理的常用方法,可参照该标准进行选择 and 具体实施。同时新的托换和加固方法会不断出现,本规程对其持开放态度,但必须有可靠经验方可使用。

4.2.7 本条为新增条款。城市地下空间的开发越来越多,需要对既有建筑物采取预防性托换。桩基托换包括石灰桩、石灰砂桩、静

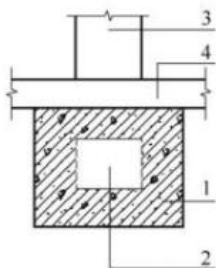
压预制桩、打入钢桩、树根桩、锚杆静压桩、灌注桩等。

4.2.8 本条为原规程第 6.2.10 条。增加荷载时,加大基础底面积、加固地基可提高基础承载力,但对于非刚性基础其材料强度不会有较大提高,因此,也应验算非刚性基础的抗冲切能力和抗弯能力是否满足要求,否则应进行加固处理。

4.2.9~4.2.11 原规程为第 6.1.6 条~第 6.1.8 条。这三条分别给出了采取顶升、局部支顶托换和增加传力构件进行托换的情况,实际工程中可能会有更多的情况按上述方法进行处理,具体实施时宜根据实际情况确定托换处理方法。其中第 4.2.11 条,因为开设洞口至少需要增加过梁,本次修订取消了洞口宽度值。

4.2.12、4.2.13 这两条在原规程第 6.2.5 条的基础上进行了调整,保留了设计部分的内容,增加了托换构件中的钢托架,增加了对于拉梁的截面尺寸的要求。

夹墙梁中的拉梁截面高度,当原墙体无圈梁时应与夹墙梁高度相同;当欲拆除墙体有圈梁且圈梁顶标高与板底标高相同时,拉梁截面高度可取夹墙梁高度减去圈梁截面高度;当圈梁顶标高低于板底标高时且位于夹墙范围内时,拉梁截面高度与夹墙梁高度相同,此时圈梁可从拉梁中穿过(图 1)。



1—拉梁;2—圈梁;3—上部墙体;4—楼板

图 1 拉梁与圈梁示意图

钢筋混凝土夹墙梁的高度应通过计算确定,并满足构造要求。在计算夹墙梁高度时,界面抗剪强度建议值 $0.3\text{N}/\text{mm}^2 \sim 0.5\text{N}/\text{mm}^2$,

参照现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 中同强度等级砂浆与砌块通缝抗剪强度给出。

主要针对砌体结构,规定了抽墙法的设计及施工应遵循的原则和措施,对常用的托梁给出设计计算方法。当符合墙梁的要求时,可按墙梁进行托换设计,必要时可通过加固上部墙体,增设构造柱等方法,使其满足墙梁的要求。

4.2.14 本条新增了拉梁下部钢筋或对拉螺栓的计算公式。通常全长托换墙体,侧摩阻力能够满足托换要求,因此不计拉梁抗剪。当需要用到拉梁承载能力时,横向拉梁与夹墙托换梁的组合受力较为复杂,不如增大托换梁高。

4.2.15 本条在原规程第 6.2.6 条的基础上进行了调整,保留了设计部分的内容,规定了抽柱法的设计应遵循的原则和措施,给出了几种托换结构的形式。对于抱柱梁的计算,采用桥梁托换的相关条款。

4.2.16 本条为原规程第 6.2.7 条,对托换设计的要求进行了规定。本次修订中对开设洞口的宽度进行了调整。

托换过程中,对影响整体程度的不同,可采取对竖向承载力进行验算、局部进行验算和整体进行验算等几种情况。

与本规程第 4.2.12 条相同,开设洞口是针对砌体结构做出的规定。

原框架梁在中柱支座部位受负弯矩,而托换后该支座部位将受正弯矩。原梁下部钢筋可能不能满足托换后的搭接长度的要求,因此必须采取处理措施。

托换引起建筑物有关构件边界条件发生变化,设计时应对其影响进行复核,并根据复核结果采取措施。本条对本规程第 4.2.1 条的规定进行了细化。

4.2.17 本条在原规程第 6.3.1 条的基础上进行了调整,保留了设计部分的内容,根据建筑物遭遇地震时,可能出现的 5 种不同损毁情况,给出了相应的托换处理措施,并强调托换后的梁、柱混凝

土强度或砌体强度应比原结构构件提高一个等级。要求混凝土强度不低于 C25。如汶川地震中都江堰某六层住宅,底层框架柱出现严重震损,震后采用托换、隔震进行了加固。

4.2.18 本条在原规程第 6.3.2 条的基础上进行了调整,保留了设计部分的内容,针对建筑物受到 4 种不同环境的浸蚀后,原结构受到较大损害,而采取不同的托换加固方法,恢复结构的承载能力,确保建筑安全使用。

4.2.19 本条在原规程第 6.2.8 条的基础上进行了调整,保留了设计部分的内容,托换过程中的支撑将承担原构件的大部分或全部荷载,因此其设计必须满足相应要求。

4.2.20、4.2.21 本条为原规程第 6.4.3 条、第 6.4.4 条,其中第 4.2.21 条,取消了原规程中裂缝宽度检验的要求。

4.3 托换工程施工

4.3.1 本条为新增条款。将原规程第 6.2.5 条、第 6.2.6 条关于混凝土强度达到设计要求方可进行下一步施工工序的要求并入本条,是对混凝土托换结构或构件的特殊要求。

4.3.2 本条在原规程第 6.2.8 条的基础进行了调整,保留了支撑施工方面的内容。托换过程中的支撑将承担原构件的大部分或全部荷载,因此其施工必须满足相应要求。

4.3.3~4.3.5 在原规程第 6.2.5 条、第 6.2.6 条、第 6.3.2 条的基础上进行了调整,保留了施工部分的内容。

4.3.6 托换施工时,拆除施工是关键阶段,也是容易出现危险的阶段,因此应分期、分批进行。先分期、分批拆一条水平缝,监测托换结构的状况,再确定下步施工,确保安全。拆除完成后,监测应持续至变形稳定为止。

4.3.7 本条为新增条款,规定了重要建筑结构和对变形控制较严时应采用主动托换。

4.4 质量控制

4.4.1、4.4.2、4.4.4 这三条为原规程第 6.4.1 条、第 6.4.2 条、第 6.4.3 条、第 6.4.4 条。当被托换建筑在托换前,其与托换相关的质量控制指标已经不满足相关国家现行标准的规定时,应采取使该指标满足相关国家现行标准的规定,并进行控制;也可会同各相关单位采取降低使用标准的措施,并应在设计文件中提出,按降低使用标准后的要求进行质量控制。托换结构应满足本规程或相关国家现行标准的规定。

5 城市隧道穿越托换技术

5.1 一般规定

5.1.1 隧道穿越托换技术可分为隧道自身托换、影响区托换和穿越区托换。隧道沿既有建筑物正下方穿越的区域叫穿越区,其他叫影响区。不同穿越方式对建筑物的影响程度不一样,同一种穿越方式由于隧道与建筑物垂直距离不同,场地工程水文地质情况不同,建筑物基础形式及结构状况不一样,其托换方法也不一样,对于隧道沿建筑物边缘穿越,当隧道施工对建(构)筑物造成的影响比较轻微时,可采用加强建筑物整体刚度、强度或采用隔断保护措施的方法;当隧道施工对建筑物造成的影响较大时,可采用在隧道施工影响区内进行地基与基础加固处理,并增加隔断保护措施;当隧道施工仅对建(构)筑物地面造成影响时,可采用在建筑物地面影响区内预先进行地面和地基与基础加固处理方法。对于隧道沿建筑物轴线中间穿越时可采用本规程表 5.2.7-1 和表 5.2.7-2 的不同托换方式,同时规定当隧道施工需切断建筑物下桩体穿越时,必须采用桩梁式托换体系、桩筏式托换体系或者扩大承台增加新桩加固托换体系;当隧道施工在桩尖以下土层(岩石)穿越时,视隧道穿越时对桩的影响程度,可采用桩梁式托换体系或者扩大承台增加新桩加固、基础灌浆、加强建筑物整体刚度和强度等方法;当隧道施工穿越建筑物边沿轴线,且建筑物边缘轴线处不具备施工条件时,可采用室内设置桩支点做桩梁托换体系或者桩梁加斜撑托换体系;当隧道施工穿越天然地基、复合地基等建筑物基础的托换,视影响情况可采用桩梁式托换体系、桩筏式托换体系或者扩大承台增加新桩加固托换体系。对于隧道与建筑物斜向交叉穿越又分为沿柱边缘穿越、从柱中间穿越两种情况,其托换方式与前两

种方式相同。

5.1.2~5.1.4 隧道施工必然穿越既有建(构)筑物。可出现上穿、下穿、斜穿、侧穿等复杂情况。而穿越的既有建(构)筑物有建筑房屋、古建筑、古塔、古树、市政道路和桥梁、市政管线和设施、地面铁路和铁路桥梁涵洞,有既有轨道交通工程(地面线、高架线、地下线),甚至有河流、湖泊、水库等,可见工程十分复杂。这些都构成了对隧道穿越托换工程的技术性、综合性、复杂性、经济性、安全性等的高标准要求。尤其是安全风险问题,直接关系到人民的生命、财产的安全、社会的稳定,技术进步和发展,应引起足够的重视。所以,本条提出了隧道工程应进行安全风险评估,评估结果是托换工程设计、施工和质量控制的依据。

5.1.5 由于隧道穿越建(构)筑物的穿越方式不一样,本条根据穿越建筑物托换工程特点,将托换结构按托换形式分类,可采用桩梁式、桩筏式及桩箱式等,竖向传力结构除采用单桩或多桩形式外,可根据场地条件选用桩排式、连墙式、墩柱式、大型井柱或沉井等形式。

5.1.6 托换工程施工过程中,为确保施工安全,提出除托换施工单位和隧道施工单位做好施工监测外,还需由业主邀请有相关资质的单位进行第三方监测。近二十年来,在隧道穿越建筑物或构筑物托换工程施工中,施工单位的监测技术已有了创新性的进步,在2006年就开始利用电子跟踪监测技术运用于托换工程中。通过监测数据及动态监测曲线可以分析、控制并检验施工质量,同时确保主动托换快速高效,是防范施工事故和处理的重要参考依据。

5.1.7 由于地下穿越既有建(构)筑物时,场地复杂的地质水文情况及其他环境对周边建(构)筑物将会产生影响,所以提出符合下列条件之一时,应进行周边工程的工后评估,工后评估应在新建工程完成、变形趋于稳定后进行。

(1)建设方提出要求;

(2)监测数据大于控制标准值;

(3)工后降低了原设计标准,包括使用功能、结构耐久性等。

托换工程工后评估包括以下内容:

(1)环境风险现状调查;

(2)施工方监测和第三方监测数据分析;

(3)既有建(构)筑物安全评估报告;

(4)提出技术措施、处理范围,处理的可行性、安全性、经济合理性等。

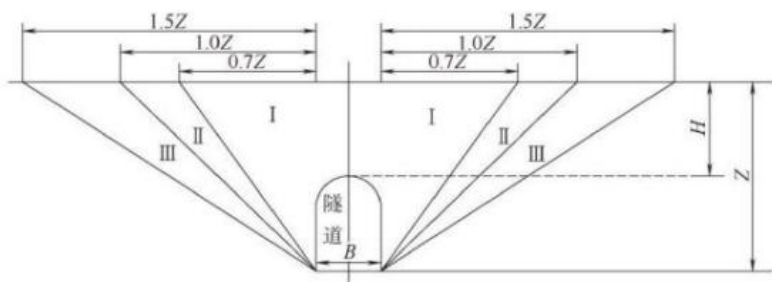
5.2 城市隧道穿越托换设计

5.2.1、5.2.2 《地铁及地下工程建设风险管理指南》(中国建筑工业出版社,2007)中对工程自身风险和环境风险有明确规定。确定隧道施工影响范围和影响程度时应按此执行。并应按照《指南》做好风险管理工作。

本规程附录 B 表 B.0.2-2 针对粉土、砂性土等较密实的土层隧道施工影响范围和影响程度的确定。其他土层积累的经验尚不够多,可按本表根据本地经验、工程具体情况及土层情况,综合分析确定。

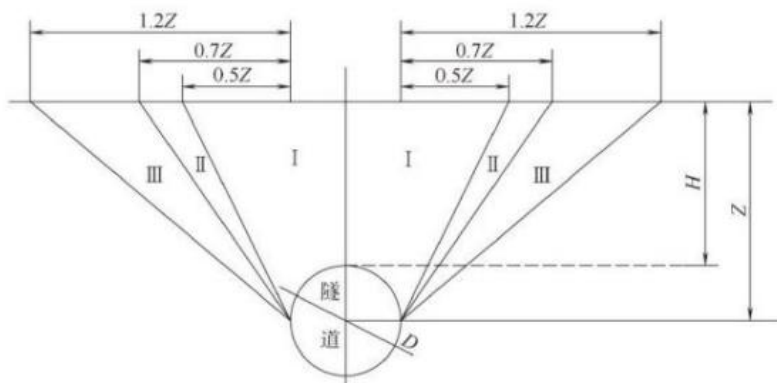
隧道施工对周围环境的影响是非常复杂的问题,与隧道的施工方法、所处工程地质水文地质状况,与建(构)筑物的距离、性质状况、穿越要求等有密切相关。而这些因素又是千变万化,使确定影响和程度很困难。近些年来,隧道项目很多,特别是随着建设的发展,各大城市地下铁道建设纷纷上马。但至今,因为隧道施工对周围环境的影响和程度的复杂性、综合性、个体性,经验积累还不够成熟,也不够丰富。本规程附录 B 表 B.0.3 所列基本是按照北京地铁的经验总结和科研课题的研究成果。

本规程附录 B 第 B.0.2 条中矿山法施工影响区范围和影响程度(图 2)、盾构法施工影响区范围和影响程度(图 3)分别用隧道正上方轴线两侧距离和Ⅰ区、Ⅱ区和Ⅲ区表示。Ⅰ区、Ⅱ区和Ⅲ区分别对应强烈影响区、显著影响区和一般影响区。



Z —矿山隧道底板埋深(m); H —隧道顶埋深; B —隧道毛洞跨度;
I、II、III—影响程度(分别为强烈影响区、显著影响区和一般影响区)

图2 矿山法施工影响区范围和影响程度



Z —盾构隧道中心埋深(m); H —盾构隧道顶埋深; D —盾构隧道的外直径(m);
I、II、III—影响程度(分别为强烈影响区、显著影响区和一般影响区)

图3 盾构法施工影响区范围和影响程度

大量研究成果表明,盾构施工引起的地表沉降槽呈似正态曲线形态,地表沉降的横向影响范围约为距隧道轴线两侧各 $2Z$ (Z 为隧道中心埋深) 范围内。对于后期的固结沉降部分研究则相对较少,已有相关研究表明,后期沉降占总沉降量比率可达 35% 以上,沉降槽的范围也相应扩大;此外,隧道埋深较大时,沉降槽范围扩展幅度不大,埋深浅时则扩展幅度较大。

美国专家 Peck 教授认为,施工引起的地面沉降是在不排水情

况下发生的,所以沉降槽的体积应该等于地层损失的体积。根据这个假定并结合采矿引起地面位移的一种估算方法,Peck 提出了盾构施工引起施工阶段地面沉降的估算方法。这一方法自提出以来,得到了多个国家众多学者的验证,成为盾构法隧道引起地面沉降的经典计算方法。

横向地表沉降量的 Peck 公式为:

$$S(x) = \frac{V_i}{\sqrt{2\pi i}} e^{-\frac{x^2}{2i^2}} \quad (1)$$

式中: $S(x)$ ——沉降量(m);

V_i ——盾构隧道单位长度地层损失量(m^3/m);

x ——距隧道中心线的距离(m);

i ——沉降槽宽度系数(隧道中心至沉降曲线反弯点的距离)(m)。

图 5.2.2 中所示的 $2.5i$ 即为盾构施工引起的地面沉降影响范围,宽度系数是表征隧道工程地面沉降的主要参数。国内外关于 i 值有多种计算公式,主要有以下几种:

(1) Peck(1969): $i = R \left(\frac{z}{2R} \right)^n$ 。

(2) O'Reilly 和 News(1982): 当 $3\text{m} < z < 34\text{m}$ 时,对黏性土 $i = 0.43z + 1.1$; 当 $6\text{m} < z < 10\text{m}$ 时,对粒状土 $i = 0.28z - 0.1$ 。

(3) G. W. Clough 和 B. Schmidt(1981): $i = R \left(\frac{z}{2R} \right)^{0.8}$ 。

(4) P. B. Attewell 等(1986): 当固结度影响小时, $i = 0.45z + 0.57 \pm 1.01$; 当固结度影响大时, $i = 0.48z + 0.64 \pm 0.91$ 。

(5) 刘建航(1991): $i = \frac{z}{\sqrt{2\pi} \tan(45^\circ - \varphi/2)}$ 。

(6) R. J. Mair 等(1993): $i = 0.5z$ 。

(7) Loganathan 和 Poulos(1998): $i = 1.15R \left(\frac{z}{2R} \right)^{0.9}$ 。

式中: R ——隧道的外半径(m);

z ——隧道中心埋深(m);

n ——系数,取 0.8~1.0,土越软, n 取值越大;

$\bar{\varphi}$ ——土体内摩擦角加权平均值(°)。

通过计算对比分析,本规程推荐以 Peck 公式或刘建航公式计算影响范围。

上海地区隧道穿越土层性质主要为淤泥质黏性土、砂质粉土、砂土层,当盾构穿越黏土时,地面沉降影响范围最大,而最大沉降量最小;当穿越砂质粉土和砂土层时,影响范围较黏土亦较小,而最大沉降量却非常显著,约是黏土的 2 倍,且穿越砂土的地面沉降量较砂质粉土大。由此可知盾构施工穿越地层的土性越好,其引发的地面沉降影响范围较小,而其横向沉降槽的最大沉降量越大。

随着盾构半径增长,横向沉降槽的宽度系数逐渐变大,盾构施工引起的地面沉降范围不断增大,最大沉降量亦随之增长。

随着地层损失率的增加,宽度系数略有减小,地面沉降影响范围亦略有减小,而最大沉降量快速增大。

盾构埋深对地面沉降有着显著影响,且是最关键因素。随着盾构埋深增加,宽度系数不断增大,地面沉降影响范围随之不断扩大,而最大沉降量相应逐渐减小。

因此,《上海市轨道交通保护区暂行管理规定》(沪交法〔2002〕第 555 号发布,沪交法〔2006〕第 442 号修正)轨道交通保护区范围如下:

(1)地下车站与隧道外边线外侧 50m 内;

(2)地面车站和高架车站以及线路轨道外边线外侧 30m 内;

(3)出入口、通风亭、变电站等建(构)筑物外边线外侧 10m 内。

5.2.3、5.2.4 隧道穿越托换技术条件复杂,在托换设计过程中应做好资料的收集,确保设计的科学性和合理性,以满足托换施工安全需要,故此提出最基础的资料和规定。特别强调对重大工程特

级和一级风险源应进行影响性分析和风险评估,并进行专项设计。

5.2.5 本条针对穿越区托换时应注意的问题做出了规定。为确保建筑物的安全,根据托换工程的特点和被托换给出的性质,可以将托换工程分为主动托换和被动托换,并遵循下列原则:

(1)托换方案应根据结构类型、荷载情况、基础形式、施工空间大小和地质条件等复杂因素确定,托换方案不但要安全可靠,经济合理,而且要施工方便,尽可能减少施工扰民,满足环境要求。

(2)被托换建筑物基础已稳定,但摩擦桩产生沉降较大,当托换桩为摩擦桩时,建筑物因摩擦桩的沉降变形可能会引起局部不均匀沉降。此时需通过主动托换方式解决提前完成摩擦桩的下沉变形,来达到托换建筑物的目的,所以托换桩为摩擦桩时必须采用主动托换方式。

(3)对托换梁的设计,由于受穿越隧道的影响,往往托换梁具有一定的长度,此时,在托换梁跨中荷载作用下,托换梁将产生变形,若变形过大,将对建筑物产生局部变形影响,甚至开裂,破坏,此时,需要通过主动托换方式,首先完成托换梁的变形,使建筑物不产生过大变形。

(4)根据地质情况以及对隧道施工方式进行评估,当隧道施工可能会引起托换桩的下沉时,需要通过主动托换方式首先完成桩的下沉,确保建筑物不产生沉降。

(5)当通过计算评估被托换建筑物变形完全满足规定变形控制值时,不需要提前完成托换结构的变形来达到托换目的,此时可采用被动托换方式进行托换施工。

(6)对特殊的建筑物,如一级建筑物、风险等级特级和一级的既有建筑物,为确保万无一失,需要采用主动托换的方式提前完成托换结构的变形,以保证建筑物的安全可靠。

由于托换桩施工会产生偏差,为保证在合格偏差范围内桩与隧道能保持较小距离,所以设计布置托换桩时,托换桩与隧道开挖净距不应少于1m。同时考虑隧道施工可能对土体产生扰动或滑

移,提出托换桩桩尖宜进入隧道底下土层不少于 1m 的要求。当隧道穿越岩层,且托换桩与隧道开挖净距大于 2m 时,可根据岩层特征设计桩身长度,且满足承载能力的要求。

5.2.6 本条针对影响区托换进行了规定。城市隧道穿越建筑物的平面布置方式可分为沿侧向轴线边缘穿越、沿轴线中间穿越、与建筑物斜向交叉穿越。不同穿越方式对建筑物的影响程度不一样,同一种穿越方式由于隧道与建筑物垂直距离不同,场地工程水文地质情况不同,建筑物基础形式及结构状况不一样,其托换方法也不一样,对于城市隧道沿建筑物轴线边缘穿越,施工对建(构)筑物造成的影响比较轻微时,可采用加强建筑物整体刚度、强度或采用隔断保护措施的方法;当城市隧道施工对建筑物造成的影响较大时,可采用在隧道施工影响区内进行地基与基础加固处理,并增加隔断保护措施;当城市隧道施工仅对建(构)筑物地面造成影响时,可采用在建筑物地面影响区内预先进行地面和地基与基础加固处理方法。

当城市隧道工程施工时,会产生影响范围内的地面建筑物的位移和变形,可在施工前对既有建筑的地基基础进行加固。当隧道埋置深度较浅且土质较差时,其加固深度宜大于城市隧道工程的底面埋置深度,则既有建筑的荷载可直接传递至隧道工程的埋置深度以下。此时,城市隧道工程的施工不再会危及邻近既有建筑物的安全或使用功能,当预估城市隧道工程施工对既有建筑造成的影响较为轻微时,则可采用加强既有建筑的刚度和强度,以减少不均匀沉降,且能承受由于不均匀沉降而产生的结构的次应力。如上海市延安东路外滩人行天桥,为了保证天桥在其侧隧道施工期间的正常使用,在盾构推进前对天桥的结构和柱基采用加强刚度和强度的方法进行加固。

5.2.7 本条对工程中常用的托换类型进行了分类总结,对于城市隧道沿建筑物轴线中间穿越时给出可采用表 5.2.7-1 的不同托换方式,同时规定当城市隧道施工需切断建筑物下桩体穿越时,必须

采用桩梁式托换体系、桩筏式托换体系或者扩大承台增加新桩加固托换体系;当城市隧道施工在桩尖以下土层(岩石)穿越时,视隧道穿越时对桩的影响程度,可采用桩梁式托换体系或者扩大承台增加新桩加固、基础灌浆、加强建筑物整体刚度和强度等方法;当城市隧道施工穿越建筑物边沿轴线,且建筑物边缘轴线处不具备施工条件时,可采用室内设置桩支点做桩梁托换体系或者桩梁加斜撑托换体系;当城市隧道施工穿越天然地基、复合地基等建筑物基础的托换,视影响情况可采用桩梁式托换体系、桩筏式托换体系或者扩大承台增加新桩加固托换体系。对于隧道与建筑物斜向交叉穿越又分为沿柱边缘穿越、从柱中间穿越两种情况,其托换方式与前两种方式相同。

5.2.8 本条对隧道自身改造加固采用托换技术做出了规定。随着我国各城市地铁建设的大量普及,经过一定时间运营后会出现各种各样的问题,本条对出现的几类问题改造加固给出了建议,特别对二衬出现严重问题时,需要对结构进行替换,在不影响结构受力前提下,安全稳定对二衬替换必须用到托换技术。二衬替换建议采用对称、间隔的施工。

5.2.9 在建筑物周边或在建筑物内做桩基础托换时,成桩施工对相邻基础会产生附加下沉影响,所以当采用桩梁托换法、桩筏托换法时,应评估托换桩的施工对托换基础及相邻基础的影响,对产生影响的基础应先进行加固处理后进行托换桩的施工。由于托换桩施工会产生偏差,为保证在合格偏差范围内桩与隧道能保持较小距离,所以设计布置托换桩时,托换桩与隧道开挖净距不应少于1m。同时考虑隧道施工可能对土体产生扰动或滑移,提出托换桩桩尖宜进入隧道底下土层不少于1m的要求。当隧道穿越岩层,且托换桩与隧道开挖净距大于2m时,可根据岩层特征设计桩身长度,且满足承载能力的要求。

5.2.10 托换梁的变形值和托换桩产生过大变形或下沉,对被托换建筑物相邻构件造成的差异沉降超过控制值时,应采用主动托

换方式,消除新桩沉降和提前完成托换梁的变形。由于大跨度托换梁变形较大,采用主动托换的方式在隧道未施工前,很难一次性完成桩的下沉与托换梁的变形,需要在隧道施工时随着隧道的施工进度进行再次顶升,消除因托换梁跨度大,桩轻微下沉变化,对被托换建筑物造成开裂变形,所以提出对大跨度托换梁,应采用主动托换方式进行桩梁托换施工,消除新桩沉降和提前完成托换梁的变形,并应在隧道穿越施工过程中,配合隧道施工进行主动顶升。

5.2.11 当采用桩基进行被动托换时,桩基施工时若成孔清底不干净,可能造成桩底沉渣过厚,将会造成被托换建筑物托换位置产生过大沉降引起建筑物开裂破坏,所以提出宜采用桩底后压浆技术控制桩基下沉量。但随着我国工人老年化、缺口严重及部分工人责任心差,现场管理缺失等综合因素,为保证质量安全,建议慎用被动托换。

5.2.12 在托换顶升施工中,由于托换梁及托换桩都比较大,在设置托换支点时,必须保证托换梁及桩均匀受力,所以规定同一托换桩梁采用多桩或大直径单桩构成支点的桩基托换预顶施工时,应设置预顶承台,并应根据预顶承台平面面积设置不少于3个预顶千斤顶及3个自锁装置,确保预顶承台托换梁支点荷载受力均匀。本节提到的自锁装置是自2006年来自研发的可调节控制顶升后不会再产生变形的装置,多年来在隧道穿越建(构)筑物的主动托换工程中得到广泛应用,安全可靠,效果良好。该项技术在2016年获得了《一种可调节高度的永久支撑自锁装置》CN 2016 2 0697033.0 实用新型专利,在使用过程中最大的支撑力达到500t。本实用新型专利提供了一种可调节高度的永久支撑自锁装置,实现了在受压时不变形、不回缩,保证施工的安全可靠。本实用新型实例提供了一种可调节高度的永久支撑自锁装置的技术方案包括:外套筒和内置于外套筒的内筒;当处于初始状态时,内筒凸出于外套筒,且内筒的底面与外套筒的底面之间具有空隙,外套筒与内筒相重合的区域内设有灌浆孔,灌浆孔与空隙相通;当处于

工作状态时,内筒可沿远离外套筒的方向旋出至固定在预设位置。

5.2.13 主动托换顶升设计应给出顶升次数及方式,包含预顶、顶升的各级控制值和最大值等参数。一般顶升次数不少于两次,第一次顶升是为了检验新旧连接点的可靠性,检测出托换梁的变形最大值,完成桩的下沉;第二次顶升就是解决完成了托换梁的变形和桩的变形,同时托换梁和桩已承担了转移的全部荷载,最后通过打支撑、调节自锁装置控制好顶升节点不得有任何变化,并完成可靠连接。

5.2.14 托换结构与被托换结构的新旧连接是一个非常重要的节点,它起着承上启下的作用,不但要满足新旧节点的安全性,还必须满足其耐久性,所以在做托换设计时必须强化节点的可靠性。

5.3 城市隧道穿越托换施工

5.3.1 本条规定了隧道穿越托换工程施工前应核查的相关资料,核查风险评估的调查和结构检测结果,其核查内容包括:

(1)既有建(构)筑物工程概况、工程建造年代、结构和基础形式、荷载及其实况、工程地质和水文地质条件、原设计与使用情况等;

(2)结构外观检查,包括裂缝和脱皮等、混凝土结构钢筋外露、锈蚀情况、建(构)筑物整体状况和管线渗漏情况等;

(3)混凝土结构检测,包括强度、裂缝、碳化深度和钢筋锈蚀程度、钢筋保护层厚度等;

(4)地基与基础检查,包括基础形式、地基土层分布情况、沉降和差异沉降等;

(5)既有轨道交通工程、地面铁路线路的道床、轨道结构完好状况及变形等;

(6)根据工程需要可做工程地质补充勘察;

(7)调查监测项目和方法等可参考相关标准,如有关建筑、地铁、铁路标准等。

此外,由于轨道交通和地面铁路有线路、行车、震动荷载等特殊情况,对其线路路基、轨道结构的调查有特殊要求。线路路基指直接支撑轨道的基础结构物。轨道结构指轨、扣件、轨枕、道床组成的承载列车荷载的结构。线路路基和轨道结构是保证列车运行安全的重要部位之一。

5.3.2 本条强调了隧道穿越托换施工所需顶升设备和仪器等。施工前应认真核对校核和标定,因为托换工程不同于新建工程,是一项风险很大的工程,过程中资料非常重要,必须严格按照程序进行。

5.3.3 本条强调采用桩梁托换法和桩筏托换法时,应重点评估托换桩的施工对托换基础及相邻基础的影响,邻近桩基施工不可避免地会影响到既有建筑,特别是差异变形,严重时会导致既有结构附加内力,所以必须严格按照设计要求和国家现行标准执行。

5.3.4 对隧道自身存在质量缺陷进行加固托换施工时,新旧界面处理应符合加固托换的相关标准和设计,本条针对隧洞出现的不同情况进行了规定,隧道出现的问题也很复杂,针对不同问题,除执行本条规定外,应按照国家现行标准执行。

5.3.5 主动托换通常在被托换结构变形控制较严时采用,可主动预加顶升力,预先产生给定位移,以满足正式顶升时过大位移。主动托换施工主要是在托换结构施工完成后,在托换结构的水平和竖向构件的节点位置,通过设置预留支撑、自锁装置、顶升专用千斤顶,通过千斤顶进行顶升,支撑和自锁装置做好配合,一是检验新旧结构传力节点的可靠性;二是检验并完成托换结构的变形;三是检验和完成托换桩基础的下沉与变形。同时为了保证托换过程中的安全性及托换后承载力和变形满足被托换建(构)筑物安全可靠的要求。

5.3.6 由于受被托换结构的限制,新增托换结构与被托换结构的连接部位是一个比较复杂而且很容易出现缺陷的问题,该节点的施工质量必须确保安全可靠,根据多年加固施工经验及托换经验,

提出托换梁与被托换结构连接的要求。

5.3.7 本条强调了在隧道工程施工影响区范围内的市政管线和地下设施保护要求,对隧道周围设施的变形监控除按照本规程附录 C 执行外,对各类市政管线还应执行本行业的具体要求和规定。对重要的地下设施必须有专项设计和专项保护措施,以保证周围环境的安全正常。

5.4 质量控制

5.4.1~5.4.4 本节所列隧道施工周边设施即环境工程的监测控制标准主要以粉土、砂性土较为密实土层为背景资料,对于其他土层可参照执行。主要依据是有关施工的经验、工程类比、有关科研课题的成果,参照相关标准和某些工程项目的规定等。由于地下隧道工程很复杂,尤其各个地区的工程地质、水文地质状况相差很多,工程环境、施工方法、风险控制手段、建设方的要求等均不相同,所以安全控制指标也不尽相同。在确定质量控制时,可按照本规程和相关现行标准,根据工程具体情况,结合施工方法和工程经验类比,综合分析确定。在施工过程中可根据监测数据、结构检测数据和工程的具体情况,对控制指标进行调整。调整后的指标必须保证工程和环境的安全。

6 桥梁托换技术

6.1 一般规定

6.1.1 桥梁托换技术是一项复杂的综合技术,我国桥梁的分布区域较广,桥型形式多种多样,因此桥梁托换要根据地域及使用环境特点,选择合适的托换方案。本章主要从结构相对简单的梁桥到较复杂的拱桥、悬吊桥的托换技术分别做出具体规定。

桥梁托换方式按不同的分类有多种形式,应根据托换部位、传力体系、施工条件、施工能力或经验等各种情况综合确定。

根据托换性质和桥体、墩柱、基础、上部结构和下部结构等,可分为基础加固式托换、非切断式托换、断柱或桩式托换;根据荷载转换方式,可分为被动式托换、主动式托换。

地基基础加固式托换可采用注浆、树根桩等方法;非切断式托换可采用牛腿式、分配梁式等方法;断柱或桩式托换可采用抱柱梁式、桩基+托换横梁+抱柱梁、地下连续墙+托换横梁+抱柱梁等方法。

6.1.2 桥梁托换是对在役桥梁出现问题或由于某种需要对桥梁进行的处理,与新建桥梁相比情况要复杂得多,施工前必须进行对原桥复查与检测鉴定,作为托换设计的依据。检测鉴定报告应真实、全面。其作用有以下三方面:

(1)全面了解桥梁使用现状,为托换方案设计提供依据;

(2)反映托换前桥梁现存状态,作为托换后、托换过程中和施工完成后验收依据;

(3)作为第三方检测验收依据。

为此,设计方、施工方、第三方监测均需要按检测报告进行现场复查。

6.1.3、6.1.4 桥梁托换前应根据竣工资料及现场检测鉴定结果,按照原来的荷载等级对桥梁承载力进行验算,验算时考虑材料劣化,荷载变化等影响并对其进行折减;再根据托换目的,以及原技术标准 and 新技术标准,确定改造托换方案。其方案除安全可靠外,要有技术经济的比较,并具备施工可行性。在施工中,除做好施工组织外,要根据所确定的荷载及临时支架形式,检算临时结构的稳定性,同时,还需验算托换施工过程中桥梁的强度、刚度和稳定性,保证托换过程中结构实体和临时工程的安全。

主动托换有两个方面的作用,一方面是将上部结构荷载可控缓慢转移至新增托换结构上,防止结构切割过程中出现突然和过大的冲击,另一方面可以在整个施工过程中针对结构沉降或变形的变化进行精确补偿。

6.2 桥梁托换设计

6.2.1 本条规定了托换设计应遵循的原则。

1 对特大桥或技术复杂的桥梁,一般应根据桥梁技术状况及承载能力评定结论,综合各种因素编制托换工程可行性研究报告,在初步设计中对桥梁主要承重部分的托换不应少于两个方案比选,从中择优选出推荐方案进行施工图设计。

2 永久性托换将永久改变原结构体的传力方式,临时托换在工程完工后不改变原结构的传力方式,所以设计荷载选取有所区别。

3 一般情况下,托换施工将会增加永久荷载,当然也有可能减少某些结构物,使原有永久荷载减少。永久荷载的变化,将会对原结构的强度和变形造成影响。

4 随着设计标准的提高和原结构承载能力的降低,对部分结构体在托换时需进行加固,这需要考虑到托换的安全性和结构物使用年限。

6.2.2、6.2.3 抱柱梁计算引用公式中分植筋和不植筋两种情况。

(1)式(6.2.2-1)、式(6.2.2-2)的确定主要依据以下几个方面:

1)国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002 第7.5.1条,当 $h_w/b \leq 4$, $V \leq 0.25\beta_c f_c b h_0$,工程实践中抱柱梁多为矩形断面,其宽高比不超过4,当混凝土强度不超过C50时, $\beta_c = 1.0$,则 $V \leq 0.25 f_c b h_0$ 。

2)2002年,国内某实验室通过实验验证,并通过当地科委成果鉴定,给出环抱型新旧混凝土结合面抗剪公式 $V = 0.24 f_c A_c$ 。

3)2005年国内某高校曾做相关试验研究,给出环抱型新旧混凝土结合面抗剪公式 $V = (0.12 \sim 0.16) f_c A_c$ 。因实验断面较小,边界条件有差异,数据有较大的离散性。

4)国内某工程公司历经13年的实践和853个构件样本的结果分析,其实用系数多为0.12~0.18。应用条件是柱直径或边长一般不大于1.5m。

因考虑施工安全等因素,公式中引入了综合系数 γ ,主要有凿毛质量的离散性、凿毛混凝土表面浮渣、粉尘未冲净、抱柱梁中配筋率偏低引起的约束不足等因素。

(2)式(6.2.3-1)中的后部分由两项组成。第一项所反映的是混凝土抗压强度转化为新旧混凝土结合面竖向的关系,第二项所反映的是原混凝土表面植筋形成的抗剪能力。

对于第二项,国家标准《钢结构设计规范》GB 50017—2002给出了一般常用钢材的抗剪强度与抗拉强度的关系,大致在0.58左右。中国建筑科学研究院关于新旧混凝土之间的剪力传递公式中,其系数为0.56,《混凝土结构设计规范》GB 50010—2003关于预埋件公式中,有系数 $\alpha_v \times \alpha_r$,其中:

α_r 为钢筋层数的影响系数,当钢筋按等间距布置时,两层取1.0,三层取0.9,四层取0.8。因有式(6.2.3-2)对配筋率的限制,这里取值1.0参与计算。

$$\alpha_v = (4.0 - 0.08d)(f_c/f_y)^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

取 $f_c = 9.6 \text{ N/mm}^2$ (C20)、 $f_c = 11.9 \text{ N/mm}^2$ (C25)、取 $f_y = 300 \text{ N/mm}^2$ (HRB335) 时, 影响系数见表 1。取 $f_y = 210 \text{ N/mm}^2$ (HPB235) 时, 影响系数见表 2。

表 1 钢筋层数的影响系数

钢筋直径 d	f_c	f_y	α_v	$\alpha_v \times \alpha_r$
20	9.6(C20)	300	0.429	0.429
	11.9(C25)	300	0.478	0.478
16	9.6(C20)	300	0.487	0.487
	11.9(C25)	300	0.542	0.542

表 2 钢筋层数的影响系数

钢筋直径 d	f_c	f_y	α_v	$\alpha_v \times \alpha_r$
20	9.6(C20)	210	0.513	0.513
	11.9(C25)	210	0.571	0.571
16	9.6(C20)	210	0.582	0.582
	11.9(C25)	210	0.647	0.647

从上表看出, 采用 HPB235 钢筋, 直径在 20mm 时, 植入 1 层或 2 层钢筋时, 混凝土强度取 C25, 其系数达到 0.571, 略超过 0.56, 这也是式(6.2.3-2)对钢筋面积进行限制的原因之一。

(3) 对于植筋的数量或面积, 首先从设计上应考虑构造要求, 应满足现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中关于预埋件锚筋排列的要求。从施工上对一个断面过多的钻孔植筋, 其质量的不确定因素增加。其次, 植筋的承载能力不宜高于混凝土的承载能力。根据一般板类受弯构件受剪承载力公式:

$$V \leq 0.7 B_h f_t b h_0 \quad (3)$$

一般当梁高 $h < 800 \text{ mm}$ 时, $B_h = 1.000$; 梁高 $h = 1000 \text{ mm}$, $B_h = 0.958$, 取 $f_t = 0.1 f_c$ 。令 $V = P$, 则:

$$P \leq 0.07 f_c A_c \quad (4)$$

$$\text{即: } f_s A_s = P \leq 0.07 f_c A_c \quad (5)$$

(4)此抱柱梁结构是国内某工程公司在实践中提出使用的名词,其含义是在工程中强调一个“抱”的作用。作为一种环梁结构,其抗剪力作用是一个复杂的受力体系,新旧结构的接触面不单是剪力的作用,由于新施工的环梁收缩对原有混凝土结构产生握裹力、收缩力、黏结力、摩擦力等,将导致新旧结构之间承载力增加,但如何计算该部分力尚待深入的试验与研究分析。

6.2.4 对于粗糙面的要求,与现行行业标准《公路桥梁加固设计规范》JTG/T J22 的有关规定保持一致。

1 新旧界面处理方式有电锤凿毛、砂轮打磨、机械喷砂、高压水枪喷射等方法,凿毛后应露出坚硬骨料并用钢丝刷等工具清除松动的骨料、砂砾、浮渣,然后高压水冲洗干净。

2 抱柱梁仍作为梁使用,其构造要求主要是高宽比、长高比等。

3 对于“柱”的截面尺寸,应有一定的限制。在以上的公式应用中,都把 $h_0=1.5\text{m}$ 作为一个分界点。目前的应用实例中,只有上海天演建筑物移位有限公司在湖州南林大桥改造中有过 2.0m 的工程范例,对再大尺寸的柱还研究不够,这里取值 1.5m ,是通常尺寸中较大的,一般可满足目前工程施工的需要。

4 植筋部位通常不设置箍筋,最边缘钢筋受剪可能因此抱柱梁下部撕裂,因此对其位置进行限制,水平方向位置规定为保证植筋在墩柱原纵筋内侧。

6.2.5 桥梁托换技术设计是一项专项应用设计,其设计应考虑梁整体、基础和地基三方面在托换过程中和托换后的使用要求,新旧构件的变形应协调一致。除应符合混凝土工程、桥梁工程等相应现行国家标准外,还满足相应行业特殊规定。

6.2.6 托换设计中地基承载力特征值应考虑使用年限的影响,通常地基承载力提高值的经验值可按本条规定引用的标准确定。在条件允许的情况下,应通过现场试验确定。

6.2.7 桩式托换一般有新做承台梁或利用原有承台作为上部承

载力转换部位。其托换桩点采用对称布置时,一是考虑结构本身平衡,二是考虑外加施力点的位置与平衡。若不能对称布置,则应局部加固或增加构件以满足上部传力要求。

6.2.8 本条主要指托换时,对临时支撑结构本身也应满足在不利受力工况下的强度、刚度和稳定性要求。

6.2.9 本条强调涉及基础托换方法和要求,可按照现行行业标准《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123 中的规定执行。

6.2.10~6.2.13 这三条主要将梁桥托换分为两大类:切断式托换和非切断式托换,并说明了各类的适用情况。切断式托换适用以下情况:

- (1)梁体需要降低;
- (2)梁体顶升量较大;
- (3)梁体需要整体移位;
- (4)下部结构需要更换改造。

非切断式托换适用以下情况:

- (1)梁体顶升量较小;
- (2)需更换支座;
- (3)梁体纵横向坡度需调整;
- (4)沉降量需控制与调整。

根据桥梁顶升条件选择切断方式,一般情况当梁体顶升量为 $0 \leq h \leq 1000\text{mm}$ 时,可采用非切断式托换;当顶梁体顶升量大于 1000mm 时,可采用切断式托换。由于某种需要桥梁需要降低标高时,必须对墩、柱在适当位置切断,故只能采用切断式托换。条文中给出了顶升的几种支撑形式,可针对现场施工条件进一步细化。

6.2.14 增大基础托换的两阶段设计方法是采用桥梁增大截面法的思想,主要考虑两个阶段进行计算,增大基础托换的作用或荷载效应,按下列两个阶段进行计算:

第一阶段:新浇混凝土层达到强度标准值之前,构件按原构件

截面计算,荷载应考虑加固时包括原构件自重在内的恒载、现浇混凝土层自重及施工荷载。

第二阶段:新浇混凝土层达到标准值后,构件按加固后整体截面计算,作用或荷载包括加固后构件自重在内的恒载、二期作用的恒载及使用阶段的可变作用效应分项系数按现行行业标准《公路桥涵设计通用规范》JTG D60 的有关规定选用。

公路桥梁结构的恒载作用比较大,采用增大截面加固法时不可能卸除全部恒载作用。但在某些特殊情况下,例如同时进行桥面铺装更换、拱上填料更换等,可以在加固前卸除部分桥上恒载,待加固成桥后,再开放交通。因此进行基础托换前卸除原桥上的部分恒载以及车辆活载是有利于加固效果的。但就加固构件而言,结构构件实际上是分阶段受力,加固的设计计算应符合构件受力历史。

根据基础托换的分析及施工情况,本规程将桥梁结构带载加固的增大截面法二次受力计算分成受力的两阶段计算:第一阶段是以原构件截面受力的结构计算;第二阶段是以加固后构件截面受力的结构计算。

6.2.15、6.2.16 增补基桩时可以参照原设计方案。当旧桩承载稳定后,新旧桩间距可以适当减少。其中要分析新桩的沉降量及应力变化不会对旧桩的沉降量增加为宜,其设计计算需要符合第6.2.15条引用标准的相关规定。

6.2.17 本条主要考虑到在原承台下部开挖后,承台受河水冲刷影响或回填不完全密实紧固时,会对承台或承台托换梁的不利影响。

6.2.18~6.2.20 拱上建筑与主拱圈的联合作用是旧拱桥承载潜力的重要组成部分,在新桥设计中往往被忽略。在加固设计中为充分利用原桥的承载潜力,对于刚度较大的拱上结构,如拱式拱上建筑等可以酌情考虑联合作用,主要通过采用合理的结构分析模型加以考虑。

拱桥和悬吊桥是受压或受拉为主的结构,为提高结构的耐久性,加固设计中应严格控制原拱圈截面的应力水平,确保不出现弯曲应力。在特殊情况下,其拉应力也不应超过材料弯曲抗拉强度设计值。

由于新增混凝土的收缩变形,将有可能引起拱圈外侧结合面的剪力加大,从而引起原拱圈结构的收缩变形。对于新旧结合面的处理,在现行行业标准《公路桥梁加固设计规范》JTG/T J22 中对于一般混凝土结合面已有计算和处理办法。

6.2.21 对于已建成并运营多年的拱桥,在托换过程中必须对桥梁的线形和内力进行调整,要达到托换目的就必须对拱桥、悬吊桥的内力进行优化。从理论上讲,任何一根斜拉索索力的变化都会导致全桥线形和索力的变化。将各索索力的变化量视为各索的调整量,若能找到一组索力增量,结构在这组索力调整增量的作用下,线形和内力即索力及梁、塔内力达到或接近设计的理想状态,这样就能达到托换时对结构的线形和内力进行改善的目的,当然各索的索力调整量必须在各索的承载力容许范围内。

必须充分了解拱桥、悬吊桥运营后、托换前、托换后的内力变化,以便确定托换的调整方案。在全桥线形、索力测量精度得到保证的前提下,托换设计应以托换前实测的内力与索力为依据,准确地模拟托换结构前后的内力变化,对结构进行优化分析,确定托换过程中各吊杆、各索力的调整值,以通过托换达到所需要的目的。

6.2.22、6.2.23 拱桥根据内力传递形式,可分为有系杆拱和无系杆拱。对于无系杆拱进行托换,使拱及上部变成可移动的整体部分,必须要平衡拱脚推力问题。

对于托换前的上部结构和下部结构的病害,应当根据对拱桥托换后的影响程度进行处治。处治内容包括条文中的部分,但也不限于条文所述内容。

6.2.24 若拆除拱上建筑不当,可能使拱的压力线严重偏离拱轴线,导致某些截面弯矩过大,造成截面破坏或拱圈失稳。拆除应根

据对称、均衡的原则,从拱顶开始,对称向拱脚进行,也可对称分段进行。

拱上建筑拆除时应全程加强监测,做到信息化施工。拆除多孔拱桥的拱上荷载,使各孔恒载推力不平衡,所以需要加强相邻拱圈、桥墩的监测,一般需观测三孔或五孔。若出现异常,应及时调整卸荷程序。多孔拱桥也可能要采取支撑等措施承受不平衡推力。

实际工程曾不止一次发生过因为拆桥施工不当而造成桥梁垮塌的事故,应予以高度重视。

6.3 桥梁托换施工

6.3.1~6.3.4 桥梁托换施工是一种风险性较大的特种工程,桥梁托换前,应对桥梁进行检测鉴定。对其使用功能、桥梁形式、荷载等级、地基基础、上部和下部结构状况等进行调查分析,应根据桥梁竣工资料、目前使用状况、现场踏勘资料和既有桥梁现状检测鉴定结果进行编制施工组织计划。按照原来的荷载等级对桥梁承载力进行复核验算,验算时考虑材料劣化、荷载变化和托换期间的不利工况等影响进行分析;再根据托换目的及原技术标准和新技术标准协调统一,确定改造施工方案。其施工方案除安全可靠外,要有技术经济的比较,并具备施工可操作性。在施工中,除做好施工组织外,要根据所确定的荷载及临时支架形式,检算临时结构的稳定性和安全性;同时,还需验算托换施工过程中各阶段桥梁的强度、刚度和稳定性,保证托换过程中结构实体和临时工程安全。

桥梁托换关键技术主要由千斤顶及控制系统、顶升限位系统、顶升临时支撑系统、顶升反力系统、顶升监控系统几部分组成。

(1)顶升限位系统。在托换过程中,桥梁处于一种飘浮不定的状态,结构很脆弱,只要有一点干扰,整个上部结构可能瞬间坍塌。且由于液压缸安装的垂直误差及其他不利因素的存在,在托换顶

升过程中可能会出现微小的水平位移,因此应分别在桥梁纵、横两个方向安装顶升限位装置。限位位置自身应具有足够的强度,并应在限位方向也有足够的刚度,以保证托换期间安全。

(2)监控系统。托换过程是一个动态的过程,一般都是分级顶升,逐步到位,随着上部结构的提升,桥面纵向偏差、立柱倾斜率、伸缩缝梁间间隙等均会发生变化,为此要设置一套监控系统保证桥梁的整体姿态。施工前,应取得各桥梁顶监控点的各项监测参数初值。监控包括结构平动、转动和倾斜,主要有以下几方面:

1)基础反力沉降观测:设置反力沉降观测体系来观测承台沉降,及时作出相应措施;

2)桥面标高观测:在桥面设置高程观测点来推算每个桥墩的实际顶升高度,设置桥面标高观测点来验证顶升高度值,使顶升到位后桥面标高得到有效控制;

3)桥面底面标高测量:它是桥面标高控制和测量的补充,提供辅助的顶升作业依据;

4)梁纵向位移观测:为观测桥梁纵向位移及立柱垂直度,在立柱外侧面用墨线弹出垂直投影线,墨线须弹过切割面以下,在垂直墨线的顶端悬挂一个铅球,通过垂球线与墨线的比较来判断盖梁的纵向位移及盖梁是否倾斜;

5)支撑体系的观测:及时掌握支撑体系的受力和变形情况,以采取措施控制支撑体系的变形量,从而使施工在安全可控的环境下进行。

(3)控制技术。同步顶升控制系统主要由液压动力系统和计算机监测控制系统,简称监控系统两大部分组成,对计算机监测控制技术的研究有助于提高该装备的自动化、智能化水平,同时也有利于信息化施工的进行。

6.3.5 切断式施工应根据切断位置和不同的受力转换工况对地基基础进行验算,并采取相应措施进行处理,原受力构件应保证平稳转换到新设置构件上,包括抱柱梁的制作,支撑系统的设置及动

力系统的受力转换,应加强监测,做到信息化施工。条文中给出了一般的切断式施工过程。

6.3.6 非切断式施工由于不存在原受力系统转换,但要保证反力装置的稳定性,设计整个托换体系应能将原桥梁平稳顶升到要求位置。条文中给出了一般的非切断式施工过程。

6.3.8 墩柱的截断建议采用无震动或震动较小的切割设备,以减小切割时对结构的损伤。墩或柱切割建议采用水冷却,无粉尘、噪声污染,切口应平顺;切断墩柱后对压力及百分表数值进行一次记录,后一个小时重复进行记录,第二天再次进行记录以便观测沉降情况;切断式托换的切断位置应考虑被托换桥梁的实际受力状况和结构特点,表3是根据我国近几年部分梁桥托换工程进行了初步总结。墩身不同部位切断的选择应根据托换桥梁顶升高度、工期、造价、原有墩身安全储备以及是否需改变基础形式和周边环境条件等因素综合分析选定。一般桥梁托换可利用承台顶部作为支顶基面,配合墩身切断托换施工。

表3 墩身不同部位切断托换适用条件

序号	墩身切断部位	优点	缺点
1	距盖梁底部 d 处切断	切断部位重量轻,上部结构稳定性好	距地面较高,须高处作业施工不便,有安全隐患
2	墩身 $1/2H$ 高度处切断	弯矩相对较小,可降低作业高度	距地面较高,施工作业不便
3	距基础顶面处 D 处切断	保护墩身完善,施工安全性好,易于利用基础顶面支顶托换施工,适合改变基础形式的施工	上部结构稳定性较差,顶升力增大
4	距承台底面处 d 切断	适用于桥台式托换,并适合增补新桩基施工,有利于采用插入抬梁托换法施工	土方开挖较深,需支挡或防水

注: H 表示墩身顶面至地面的高度; d 表示盖梁或承台底至切断面的构造高度, D 表示基础顶面至切断面的构造高度。

本条规定切断部位的构造。对钢筋混凝土结构,应满足结构

设计原理的基本要求,同时应考虑托换过程中的受力状况,采取可靠的构造措施。在施工过程中应采取有效措施保证托换过程中不产生不必要的变形,以保证托换过程和托换后的安全。

6.3.9 本条针对非切断式托换的主要形式及构造要求进行了规定。非切断式托换对桩、墩或柱不破坏,直接顶升主梁或板,要保证主梁顶升过程中的平衡过渡,以防与支座出现差错,对多点施力一定要保证同步平稳顶升,严格控制纵横向偏位。

6.3.10 本条应保证变形协调,最好将伸缩间的整跨进行同时顶升,以确保连续梁内因顶升产生的附加应力最小。当无法实现整体同步顶升时,必须根据原设计要求和实际使用状况,经过计算分析对托换顶升部位的顶升量严格控制,以保证顶升过程和顶升后桥梁的安全。

6.3.11 对于不中断行车进行托换时,为保证正常行车安全,应严格控制顶升速率,以减少行车对支撑系统的冲击。

6.3.12 本条主要考虑桥梁竣工高程误差,使用期的沉降对托换后高程的影响。

6.4 质量控制

桥梁托换工程属加固工程。其质量检验项目根据涉及范围及改造过程内容而定;其中需要强调的是过程检验及最终效果检验。其实施中要有单独的检验方案,并对其做出详细的规定。

对于改造过程,主要是强调设备或设施结构后续的功能恢复与可使用状况,对于具体验收标准或数据宜稍放宽。

对于较大工程项目或明显可划分为检验批、分项工程、分部工程的项目,应按检验程序执行,其他较小的项目或经认定的项目也可按检验方案执行。

主控项目与一般项目的划分,主要应依据项目所属的行业标准而定,应按现行行业标准《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2、《铁路混凝土工程施工质量验收标准》TB 10424 和《公路桥

涵施工技术规范》JTG/T 3650 等有关规定执行。

6.4.1 顶升结构时,对于基础的沉降应通过监控设备来反映,然后通过顶升千斤顶及时给予调整。沉降过大,说明原设计或基础处理有问题。顶升是一个临时过程,以安全控制为主。

6.4.2 对于托换结构,有新施工的部分和原结构改造的部分。新施工的部分如桩基,一部分沉降量将在施工期后完成。其沉降量应于原设计保持一致,以免未托换结构再发生不均匀沉降。原结构改造部分有一部分已经完成沉降,新结构的沉降量是施工过程中可以避免或预先可控的。条文中最终限值 25mm,是指整体结构统一值。

6.4.3 顶升结构时,如遇千斤顶升降不同步,桥面结构的裂纹或裂缝会比较明显反映出来。理论上,应该完全同步,实际上,要求完全同步是不现实的。规定一个误差,且标准较松,是考虑到目前的业界现状,工艺水平等。桥面结构也可视影响程度通过适当的方式给予修补。

6.4.4 桥梁的平面位置偏差多产生于端部、分跨处、伸缩缝处等。因有桥面结构的限制,其他部位不易出现。基于上条同样的原因,本条限值较新建桥面略宽。

6.4.5 桥梁改造过程中,施工作业点多、面宽、线长,未知因素较多,除应有必要的监控设备外,加强人工巡视,及早发现问题并予以处理,是施工组织必要的环节,同时,也是桥梁改造工程质量控制的重要保证措施。本条列出了几条有可能出现的不利情况,但也不限于这些。

7 托换工程监测

7.1 一般规定

7.1.1 托换工程是一项风险性、技术性很高的工作,也是依赖信息化程度很高的工作。施工监测是工程成败的重要一环。监测内容包括建(构)筑物的倾斜及裂缝观测;地面沉降及裂缝观测;地下水位观测;托换梁变位及裂缝观测;托换桩、托换梁支座处、既有桩、既有柱高程监测;施工过程中的结构应力、位移监测等。

所有水准点均应与不受施工影响的基准点相联系;沉降监测结果应绘制沉降与时间关系曲线;裂缝观测应在裂缝位置予以标明,进行编号,记录大小及发展,以便掌握结构在托换施工过程中位移和内力变化。

托换顶升施工过程中应进行动态监测,托换顶升施工前和施工后应进行静态监测。

7.1.2 托换工程监测方案是监测工作的实施性指导文件,方案的好坏将影响到托换工程监测实时的成本和效果,影响到各项监测成果数据的精确性和可靠性。所以应当在充分掌握托换工程的各项基础资料和工程特点、设计方及业主方的具体监测要求的基础上,认真、仔细地进行监测方案设计。监测方案应包括:相关工程资料的搜集,监测系统、监测指标、测量方法的选择和确定,监测网布设,监测精度、监测周期的确定,监测结果处理要求和反馈制度等。

7.1.3 监测工作另一个重点是信息反馈,应及时向建设、设计和监理单位提出施工对既有结构的影响程度、既有结构变位变化态势、预警信号以及对应的施工参数调整和安全措施等。第三方监测还应向施工单位提供监测信息。

7.1.4、7.1.5 本条规定,重要建(构)筑物在托换工程施工完成后,应继续对其采取监测措施,直到所监测数据满足工程技术要求和相关标准的规定为止。托换工程监测报告一般在托换工程完成后提交,但每次监测数据成果需进行分析,并递交建设方、设计方、监理方等相关单位。建(构)筑物的沉降量、沉降差、变形、挠度、竖向位移等应在规范容许范围之内,如有数据异常,应及时报告有关部门,及时分析原因,采取措施进行处理,确保安全和工程质量。若监测数据正常,应在竣工后将监测资料及数据分析判断得出的结论,提交给建设方作为质量验收的依据之一。监测报告应包括沉降监测、位移监测、裂缝监测、变形关系曲线图、内力关系曲线图等内容。

7.2 建筑物托换工程监测

7.2.1 建筑物托换工程的监测项目分为应选项目和可选项目,对于可选项目应根据工程实际情况进行选择,实际工程中也可确定其他监测项目。

7.2.6 托换施工过程中,托换结构的内力将随施工阶段不同而变化,结构的实际内力与设计内力值之间、结构的实际变位与设计变位值必然存在差异。因此施工过程中应对内力及应变进行监测,及时掌握结构实际状态,对施工步骤及条件做出调整,防止施工中的误差积累,保证结构安全。

1 应变计的选择应充分考虑监测结构所处的环境条件,可参考表4进行选择,比如监测处于潮湿易腐蚀及高电磁干扰的结构应变时应优先采用光纤应变计,需要监测动荷载作用下的结构应变时,宜采用电阻应变计或光纤类应变计。

表4 常用应变传感器特性

类型	钢弦式应变计	电阻应变计	光纤光栅应变计
传感器体积	大	小	小

续表 4

类型	钢弦式应变计	电阻应变计	光纤光栅应变计
蠕变	较小,适宜长期测量	较大,需提高制作技术、工艺解决	较小,是以长期测量
测量灵敏度	较高	较高	高
温度变化的影响	温度变化范围较大时需要修正	可以实现温度变化的自动补偿	温度变化范围较大时需要修正
长导线影响	不影响测量结果	需进行长导线电阻影响的修正	不影响测量结果
信号传输距离	较长	短,小于 100m	长,可达 10km
抗电磁干扰能力	差	差	好
对绝缘的要求	要求不高	要求高	无需绝缘
动态响应	差	好	好

2 应变测点布置的原则应以体现结构的内力控制断面,准确反映结构内力变化为宜。重要的部位可布设互相验证的测试元件,使观测成果能反映结构应力分布及最大应力的方向和大小,以便和计算结果进行对比,同时综合其他监测信息进行分析,从而为施工过程安全与结构工作状态的评估提供参考。

监测前可根据托换施工的施工方法和施工步骤按实际的荷载工况进行计算分析,提供每一施工步骤的理论内力以及结构的变形。托换施工过程中将监测结果与理论计算结果进行比对,以确保托换过程建(构)筑物安全。

构件测量部位应变传感器的数量和布置方向应根据应力状态而定。空间应力状态宜布置 7 点~9 点单向或多向应变传感器,平面应力状态宜布置 4 点~5 点单向或多向应变传感器,主应力方向明确的部位可布置单向或多向应变传感器。

结构变形反映结构在空间类型上的总体变化,而应力是监测界面上的局部受力反应,二者可以相互补充和验证,因此应力监测不仅应与变形监测的频次相同,更应考虑应变测点与变形测点的统筹布置。

7.3 城市隧道穿越托换工程监测

7.3.1~7.3.4 托换工程的监测应根据被托换建(构)筑物的重要程度、地基基础类型和情况、结构形式和状况、托换位置和方式、地铁施工穿越时间和托换时间等因素合理布置监测点,并便于监测。对于烟囱、水塔等高耸构筑物,应在其周边对称布置监测点。对于城市桥梁,应在桥墩、盖梁、梁板结构上布点。对于地下管线,应在管线的接头处及管线对变形敏感部位布点。对有压管线、抗变形能力差、质量现状差的管线应加密布点并提高监测频率。

穿越既有地铁和地面铁路线,应进行托换施工全过程中结构、道床和轨道的监测。对特殊土层如软土地区,因土体扰动后重新固结时间长,常常还会有较长周期,较大幅度的后期沉降发生,应由设计确定工后沉降、监测周期及应急加固预案等。

监测仪器设备的选择应满足监测项目的要求。有水准仪、经纬仪、全站仪、裂缝观测仪、裂缝测宽仪、裂缝测深仪、多层沉降仪、倾角仪、测斜仪、电子位移计、水平仪、应变计等,根据监测建(构)筑物的具体情况选用。

托换工程的监测应贯穿施工全过程。监测数据应及时反馈,指导施工并为设计提供依据。

托换施工完成后,尚需要对被托换建(构)筑物和影响区建(构)筑物进行监测,监测时间不少于半年。

监测频率和精度应满足设计要求。

7.4 桥梁托换工程监测

7.4.1~7.4.6 为桥梁托换施工前、过程中及施工后提供可靠的实测资料,为分析桥面构造、支撑构造的变形及内力变化提供实时监测数据,指导托换施工,保证桥面安全。

(1)对于永久结构的监测须按照各专项工程的标准要求进行。

(2)对于安全监测、结构使用或施工质量评定等监测工作,建

议按工程施工前鉴定与监测、施工过程监测、施工完成后监测等不同阶段的不同要求进行。监测设备与仪器要与检测内容相匹配；监测设备与仪器的型号要具有一定的先进性，并按相关规定、设备使用年限等要求对监测设备与仪器进行年检与标定。

监测方案包括基准点布置、监测点布置、监测仪器配置、数据分析及处理、现场巡视、预警判定及信息反馈等。监测部位主要包括应力、应变、挠度、裂缝较大处；结构、荷载变异点；结构薄弱部位，已发生或可能发生结构变形处等。对于隐蔽点监测，要有专用仪器或工具设备。检查方案中应有人工监测或设备仪器监测、加载过程及监测目标要求等。

对于监测结果，要进行回归分析，并去除某些不符合一般规律的变异数据。不能满足工程需要时，应重新进行监测。

7.5 托换工程裂缝动态监测

7.5.1 裂缝或裂纹的活动性、扩展性监测包括裂缝扩展的时刻、频度、位置与信号强度等信息。缆索、缆丝崩断监测包括崩断发生的时刻、崩断次数与位置等信息。

7.5.2 声发射监测是利用结构裂缝扩展或断裂导致材料内部瞬态塑性变形产生声发射的原理对裂缝的活动与发展状况进行实时在线监测。声发射系统具有蓄势待发捕捉瞬态突发裂缝扩展信号的能力并可根据监测的信号到达不同通道的时间差，实现对裂缝变化状况的监测与定位。

7.5.3 托换不同阶段裂缝声发射动态监测内容：

(1)托换前的裂缝监测主要是对关键部位或可见裂缝进行筛选普查，以确定重点观测部位并建立托换前裂缝状态档案。由此为托换后的比对检验提供参考基准；

(2)托换中的裂缝监测主要是对一些关键部位与薄弱环节进行实时观察，以判断托换过程或托换施工是否对结构带来损伤；

(3)托换后的裂缝监测主要包括在托换后的荷载试验过程中

对关键部位的监测及此后对结构的长期监测。

7.5.5 根据实际情况的不同,可以采用不同的声发射监测方案。第一,对于目视检查发现的诸多裂缝或可疑部位可通过声发射巡检来确定需要重点监测的部位。第二,可将有限的设备与时间资源用于对筛选出来的重点部位在托换施工前后进行较长时间的监测。第三,在托换后的静载试验时可用声发射对结构关键部位进行监测以检验托换效果。第四,对于一些关键部位或薄弱构件,如悬吊桥的缆索、后张力混凝土结构的缆丝等,即使在托换验收完成后仍可进行长期连续监测以建立历史性结构健康档案。

声发射系统由多通道的传感器,前置放大器及计算机控制的,集信号调理、采集、处理、分析于一体的信号采集处理器组成。声发射系统各个通道必须具有时钟同步与独立阈值触发功能以保证准确地记录每个通道捕捉到同一个瞬态信号的时间差。

信号的分析评估可根据如下步骤进行:

(1)记录上一次加载时的最大荷载及在当前次加载时开始出现声发射定位事件的最大荷载。计算载荷比(Load Ratio)LR为:

$$\text{载荷比} = \frac{\text{当前次加载时开始出现声发射定位事件的最大荷载}}{\text{上一次加载时的最大荷载}} \quad (5)$$

(2)对上一次整个加载-保载-卸载过程所得的声发射事件数进行累加,以及对当前次卸载区段的声发射事件数进行累加。计算平静比(Calm Ratio)CR为:

$$\text{平静比} = \frac{\text{累计当前次卸载区段的声发射事件数}}{\text{累计上一次加载-保载-卸载全过程所得的声发射事件数}} \quad (6)$$

(3)以载荷比为横轴,平静比为纵轴构成图4所示的被监测部位的声学活性或损伤程度评估图。图中分有三种状态区,即声发射无活性与弱活性;中度活性;高活性。这三种状态对应于结构的轻微损伤或无损伤;中等损伤;严重损伤。

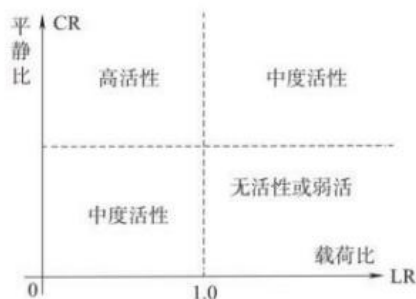


图4 静态荷载试验时声发射活性评估图

(4)在加载及至维持荷载不变的阶段如果出现接收到较多的声发射信号,应检查信号来源。如在荷载维持不变的情况下,信号源确实来自结构被监测部位,则应采用其他无损检测方法检查裂缝或结构的状态。

在监测时段内,如信号强度显著增长则表明声发射的活性等级随之增加。当前记录的信号强度在所有记录的信号强度所占的比重越大,经历指数越大,评估等级越倾向于高活性(图5)。

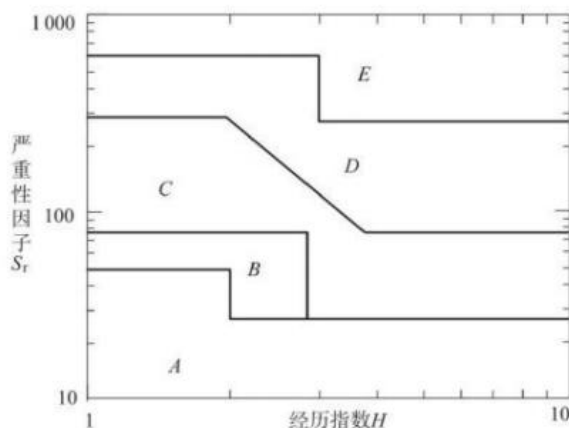


图5 声发射监测强度分析评估图

监测报告应包括尽可能详细的信息,如仪器使用设置、现场状

况、特殊观察现象、信号分析方法与结论等。监测报告还应包括技术人员的个人资质信息,并有报告撰写人或现场技术人员签字及监测实施单位公章。

在声发射监测及对信号进行后续分析时将产生许多电子版原始数据文件及中间分析数据文件。这些电子版数据文件均应按监测的结构与部位归档并在结构的寿命期内永久保留,以便记录跟踪历史性的变化趋势及供今后的监测分析参考。

附录 A 托换工程中千斤顶的选用

A.1 千斤顶的选用要点

A.1.1 本条对千斤顶的承载力或吨位大小和数量的确定依据做出了规定。

(1)千斤顶的顶升力是根据被顶升物整体结构的受力状况来分析计算取值,对于需要考虑动荷载的影响时也应一并考虑,确定所选择千斤顶的承载能力(吨位或起重量)、台数和分布的位置。在静定结构中,可以稍大于其上部结构恒载重量,而在超静定结构中,则应根据上部的具体结构受力状况来决定顶升力的取值。

(2)千斤顶的牵引力(或顶推力)是根据被平移物的整体结构总荷载(总重量)和牵引(或顶推)时采用滚动(或滑动)方式移动的摩擦系数,计算出总的牵引力(或顶推力)。再根据被平移物的整体结构形式,确定所选择千斤顶的承载能力(吨位)、台数和分布的位置。

A.1.2 千斤顶的行程是根据被托换建(构)筑物需提升的高度,选择千斤顶的行程范围。使用时应严格遵守主要参数中的规定,切忌超高超载,否则当顶升高度或顶升吨位超过规定时,千斤顶会发生严重漏油。千斤顶使用时必须垂直受力,严防失稳,否则会出安全问题。

A.1.3 根据放置千斤顶的空间高低,可选择薄型、超薄型或不同本体高度的千斤顶。

A.1.4 合理选用同步顶升(或平移)的成套设备(一台、二台泵站统一控制,必要时采用 PLC 液压同步控制系统进行控制多台液压泵站组成的成套设备)。PLC 液压同步控制系统由液压系统(油

泵、油缸和管路等)、电控系统、反馈系统、计算机控制系统等组成。液压系统由计算机控制,从而全自动完成同步移位施工。

A.2 常用千斤顶的主要参数

根据托换移位工程的具体结构特征,可参考千斤顶的主要参数选用相应的千斤顶,本规程列出了常用千斤顶的主要参数。对于有特殊要求的千斤顶可由制造商专项加工制作。

A.2.1、A.2.2 超薄型、薄型千斤顶体积较小,承载能力大,特别在空间位置狭窄的工况使用,具有轻便灵活、顶力大等功能。

A.2.3 自锁式千斤顶,一般的千斤顶增加一组相应的自锁装置,就能达到自锁的效果。

A.2.4 大吨位千斤顶具有承载能力大、工作压力高,行程不大、重量轻、可远距离操作,配以超高压油泵站,可实现顶、推等多种形式的作业。

A.2.5 大行程千斤顶的行程最大可有 2 500mm,一般千斤顶的行程在 200mm 以内。

A.2.6 穿心式千斤顶由一个穿心式油缸和两个卡头或锚具组成,分为松卡式千斤顶和穿心式牵引千斤顶。

1 松卡式千斤顶由一个穿心式油缸、两个卡头和提升杆或牵引杆,也可钢绞线组成,具有操作简便,安全平稳,杆可反复使用,可自动松卡和紧卡或自锁,循环往复连续作业。

松卡式牵引或提升设备的工作原理:使用时,牵引或提升杆插入松卡式千斤顶后,使上、下卡头处于工作卡紧状态。当油泵供油时,液压油从下油嘴进入缸体内,此时,上卡头自动锁紧牵引杆,而下卡头自动松开,在液压力作用下,活塞杆向前或上移动的同时由上卡头带着牵引或提升杆向前或上移动,当活塞杆移动一个行程后油泵停止供油,牵引或提升杆也停止移动。回油时,液压油从上油嘴进入,下卡头锁紧牵引或提升杆静止不动,在液压力作用下,活塞杆回程,此时,上卡头自动松开,液压油从下油嘴排出,至此,

完成一个行程的平移或提升工作。如此往复循环,不断地连续向前移动,直至就位,全部平移或提升工作结束。

2 穿心式牵引千斤顶由一个穿心式张拉千斤顶配以合适的锚具或夹具和一组钢绞线组成的牵引设备,具有牵引力大,但操作较麻烦,平移的平稳性稍差。因一组钢绞线由多根钢绞线组成,使用时特别注意多根钢绞线受力的同步均匀性和安全性。

A. 2.7 同步千斤顶系统由泵站带动多台千斤顶同步作业。同步电动泵的特点是具有自动找零功能;阀件控制自动找平衡功能;采用超高压平衡阀回路,同步精度可达 $\pm 1\%$;车轮式移动方便施工。采用 PLC 液压同步控制系统可同时控制几十台千斤顶同步作业。