



# 团 体 标 准

T/DGGC 021—2022

---

## 盾构成型隧道加固与管片修补技术标准

Technical standard for reinforcement and segment repair of shield formed tunnel

2022-09-17发布

2023-01-01实施

北京盾构工程协会  
中国标准出版社

发 布  
出 版



## 前 言

根据住房和城乡建设部《工程建设标准编写规定》的规定。上海隧道工程有限公司等单位组成编制组,经广泛调查研究,认真总结实践经验,并结合国内外先进盾构成型隧道管片修补技术,编制了本标准。

本标准的主要技术内容是:1 总则;2 术语和符号;3 基本规定;4 病害的分类及判定标准;5 检查、检测与评估;6 整治设计要求;7 施工准备;8 隧道渗漏整治;9 隧道结构整治;10 隧道注浆加固;11 内衬加固;12 联络通道整治;13 施工验收、移交;14 应急处理。

本标准在执行过程中,各单位结合工程实践,如发现需要修改或补充之处,请将意见和建议寄上海隧道工程有限公司(地址:上海市宛平南路 1099号 5楼,邮政编码:200232),以供今后修订时参考。

本标准起草单位:上海隧道工程有限公司、中建交通建设集团有限公司、城盾隧安地下工程有限公司、济南重工集团有限公司、北京市市政四建设工程有限责任公司。

本标准主要起草人:何小玲、冯师、万敏、李迅、张汝峰、尹清锋、马如龙、阎向林、李永迪、王惠蕾、邢慧堂、任洁、崔少龙、李东辰。

本标准主要审查人:刘军、乐贵平、韩少光、李小岗、柳献、陶建峰、包鹤立。



目 录

1 总则 ..... 1

2 术语和符号 ..... 1

    2.1 术语 ..... 1

    2.2 符号 ..... 2

3 基本规定 ..... 2

4 病害分类及判定标准 ..... 3

5 病害检查、检测与评估 ..... 4

    5.1 隧道病害检查检测 ..... 4

    5.2 管片服役状态等级评定 ..... 4

    5.3 管片接缝服役状态等级评定 ..... 6

    5.4 隧道区间服役状态等级评定 ..... 7

6 病害整治设计 ..... 8

7 施工准备 ..... 11

8 隧道渗漏整治 ..... 12

    8.1 一般规定 ..... 12

    8.2 盾构隧道内堵漏材料 ..... 12

    8.3 渗漏整治 ..... 14

9 隧道结构整治 ..... 14

    9.1 一般规定 ..... 14

    9.2 材料 ..... 15

    9.3 管片破损整治 ..... 15

    9.4 道床整治 ..... 16

10 隧道注浆加固 ..... 16

    10.1 一般规定 ..... 16

    10.2 地面微扰动注浆 ..... 16

    10.3 隧道内微扰动注浆 ..... 17

|      |                  |    |
|------|------------------|----|
| 11   | 内衬加固 .....       | 19 |
| 11.1 | 一般规定 .....       | 19 |
| 11.2 | 钢内衬 .....        | 19 |
| 11.3 | 芳纶布(碳纤维)加固 ..... | 22 |
| 12   | 联络通道整治 .....     | 23 |
| 12.1 | 一般规定 .....       | 23 |
| 12.2 | 材料 .....         | 23 |

12.3 常见病害整治 ..... 24

13 施工验收、移交 ..... 24

14 应急处理 ..... 24

附录 A 结构构件及连接承载能力核算 ..... 26

附录 B 结构连接允许变形量参考值 ..... 27

附录 C 隧道结构区段相对变形控制指标 ..... 28

本标准用词说明 ..... 29

引用标准名录 ..... 30

条文说明 ..... 31

## Contents

|      |                                                          |    |
|------|----------------------------------------------------------|----|
| 1    | General provisions .....                                 | 1  |
| 2    | Terms and symbols .....                                  | 1  |
| 2.1  | Terms .....                                              | 1  |
| 2.2  | symbols .....                                            | 2  |
| 3    | Basic Requirements .....                                 | 2  |
| 4    | classification and criteria of Disease .....             | 3  |
| 5    | Inspection, Testing and Evaluation of Disease .....      | 4  |
| 5.1  | Tunnel Inspection and Detection of Disease .....         | 4  |
| 5.2  | Grade Evaluation of segment service status .....         | 4  |
| 5.3  | Grade Evaluation of segment Joint service status .....   | 6  |
| 5.4  | Grade Evaluation of Tunnel Interval service status ..... | 7  |
| 6    | Remediation Design of Disease .....                      | 8  |
| 7    | preparation Before Renovation construction .....         | 11 |
| 8    | Tunnel Leakage Remediation .....                         | 12 |
| 8.1  | General provisions .....                                 | 12 |
| 8.2  | plugging Material in shield Tunnel .....                 | 12 |
| 8.3  | Leak Remediation .....                                   | 14 |
| 9    | Tunnel structure Regulation .....                        | 14 |
| 9.1  | General provisions .....                                 | 14 |
| 9.2  | Material .....                                           | 15 |
| 9.3  | Remediation of segment Damage .....                      | 15 |
| 9.4  | Renovation of TrackBed .....                             | 16 |
| 10   | Tunnel Grouting Reinforcement .....                      | 16 |
| 10.1 | General provisions .....                                 | 16 |
| 10.2 | The Ground Micro Disturbance Grouting .....              | 16 |
| 10.3 | Micro-disturbance Grouting in The Tunnel .....           | 17 |
| 11   | Lining Reinforcement .....                               | 19 |

|      |                                                  |    |
|------|--------------------------------------------------|----|
| 11.1 | General provisions .....                         | 19 |
| 11.2 | steel Lining .....                               | 19 |
| 11.3 | Aramid Fabric (carbon fiber) Reinforcement ..... | 22 |
| 12   | Renovation of contact channels .....             | 23 |
| 12.1 | General provisions .....                         | 23 |

|            |                                                                            |    |
|------------|----------------------------------------------------------------------------|----|
| 12.2       | Material .....                                                             | 23 |
| 12.3       | Treatment of common Diseases .....                                         | 24 |
| 13         | construction Acceptance and Handover .....                                 | 24 |
| 14         | Emergency Treatment .....                                                  | 24 |
| Appendix A | calculation of structural components and connection Bearing capacity ..... | 26 |
| Appendix B | Reference value of Allowable Deformation for structural connection .....   | 27 |
| Appendix c | control Indexof Relative Deformation of Tunnel structure section .....     | 28 |
|            | Description of words used in standard .....                                | 29 |
|            | List of Referenced standards .....                                         | 30 |
|            | sescription of Articles .....                                              | 31 |

## 1 总 则

1.0.1 为统一盾构成型隧道加固与管片修补技术标准,做到技术可靠,安全适用、绿色环保、经济合理、确保质量,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于除雨水、污水以外的盾构成型隧道加固与管片修补工程。

1.0.3 盾构成型隧道加固与管片修补除应符合本标准外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术 语

#### 2.1.1 管片裂缝 segment crack

管片上出现环向或纵向混凝土裂缝,采用宽度、长度、深度等指标判定裂缝的严重程度。

#### 2.1.2 管片剥落 piecespalling

管片端部、螺栓孔或管片中部出现缺角、掉块等现象,采用剥落半径、剥落深度等指标判定管片剥落的严重程度。

#### 2.1.3 管片错台 tube plate wrong platform

相邻环在垂直于隧道轴线平面内发生相对位移,或单环内相邻管片沿径向产生相对位移。

#### 2.1.4 接缝张开 joint opening

相邻管片环缝、纵缝接缝因变形产生的张开现象。

#### 2.1.5 道床脱空 ballast disengaging

对整体式道床,在横向断面变形、纵向不均匀沉降或列车循环振动荷载作用下,道床混凝土与管片脱离的现象。

#### 2.1.6 快速封堵 rapid sealing

采用速凝型封堵材料对渗漏病害封堵,快速修复渗漏病害的方法。

#### 2. 1. 7 嵌填密封 embedded sealing

采用密封材料对渗漏病害密封,修复渗漏病害的方法。

#### 2. 1. 8 注浆止水 ejection for water plugging

在压力作用下注入灌浆材料,切断渗漏水流通道,修复渗漏病害的方法。

#### 2. 1. 9 壁后注浆 back-fill grouting

向主体结构迎水面与围岩之间或土体的空隙内注入灌浆材料,防止地层及结构形变、修复渗漏病害的方法。

#### 2. 1. 10 涂抹封闭 paint seal

在背水面涂抹水泥基渗透结晶型材料,通过渗透、反应、结晶堵塞混凝土细微裂缝,提高混凝土致密性与防水性,修复混凝土裂缝病害的方法。

#### 2. 1. 11 灌浆法 injection process

以一定压力将灌浆材料注入混凝土裂缝中,通过灌浆材料与原结构材料有效结合,对受损混凝土填

充、堵漏和加固,修复混凝土裂缝病害的方法。

#### 2.1.12 填充法 filling method

通过直接填充或开槽填充方式,使修补材料和原结构材料有效结合,对受损混凝土填充、堵漏和加固,修复混凝土裂缝病害的方法。

#### 2.1.13 无筋嵌填修补 repair without reinforcement

采用早强快硬修补材料分层嵌填,修复混凝土剥落病害的方法。

#### 2.1.14 有筋嵌填修补 repair with reinforcement embedded

采用植筋、钢筋网片等材料,结合早强快硬修补材料分层嵌填,修复混凝土剥落病害的方法。

#### 2.1.15 钢内衬加固 reinforcement with steel lining

又称钢环加固、隧道内张钢圈加固。为弥补隧道结构承载能力不足,满足结构使用寿命期内功能和耐久性要求,采用环形钢板,通过膨胀螺栓或化学锚栓固定于隧道内弧面,并充填粘接,形成钢环与原隧道结构共同受力的施工工艺。

#### 2.1.16 地表卸载 surface unloading

通过在盾构隧道上方卸载,减少隧道上覆压力,改善隧道受力状态的隧道病害修复方式。

#### 2.1.17 洞外注浆 outside grouting

在隧道外部,将固化浆液注入隧道周边地层的裂缝或孔隙中,通过充填、混合或挤压等方式填充空隙、改善隧道周围土层物理力学性质、减轻横断面收敛变形和隧道纵断面相对变形等的施工工艺。

### 2.2 符 号

$S$ —单个湿渍、渗水面积

$^{\circ}C$ —湿渍、滴漏、线漏、涌水涌泥沙平均速率

$\omega$ —管片裂缝宽度值

$\omega_d$ —管片与道床间的离缝宽度值

$r$ —管片剥落最大名义半径值(对于非圆形剥落,  $r = \sqrt{S_{\text{剥落面积}}/\pi}$ )

$h_{\max}$ —管片剥落深度最大值

$h$ —管片剥落深度值

$l_o$ —管片的计算长度

$\mu$ —横断面收敛变形量

$\Delta$ —管片错台量

$\delta$ —接缝张开量

$K$ —渗透系数

[ $K$ ]—渗透系数允许值

$k$ —纵断面相对变形量

[ $k$ ]—纵断面变形允许值

$\Delta D$ —直径变形

### 3 基本规定

3.0.1 隧道管片修补施工前,应具备下列资料:

- 1 监测数据及受损评估报告；
  - 2 设计图相关资料；
  - 3 工程地质和水文地质勘察报告；
  - 4 施工区域附近沿线的环境、建(构)筑物、地下管线和障碍物等资料；
  - 5 隧道管片修补施工图；
  - 6 其他相关的文件资料。
- 3.0.2 在查清隧道服役状态的基础上，应对在建隧道或运营隧道病害评估，编制施工组织设计。
- 3.0.3 施工前，应由设计单位交底。施工单位应根据设计要求编制施工组织设计，并对施工人员进行培训及安全、技术交底，特殊工种人员应持证上岗。
- 3.0.4 施工期间，应根据隧道管片病害或损坏类型及严重程度，采用安全、经济、可操作的盾构成型隧道管片修补技术。施工不应降低原有结构安全性，不影响隧道结构功能使用，应控制对邻近的重要或有特殊保护要求的建(构)筑物和设施设备的影响，必要时采取保护措施。

## 4 病害分类及判定标准

- 4.0.1 盾构成型隧道管片主要病害可分为下列病害：
- 1 渗漏病害:根据严重程度可分为湿渍、滴漏、线漏、涌水涌泥沙；
  - 2 破损病害:根据病害特点可分为管片横纵向裂缝，缺角、掉块、松动等管片剥落；
  - 3 变形病害:根据病害特点可分为横断面收敛变形、纵断面相对变形、管片错台、接缝张开。
- 4.0.2 盾构成型隧道管片病害分类及判定标准可按表 4.0.2 分级。

表 4.0.2 盾构成型隧道管片病害分类及判定标准

| 病害类型 |       | 病害级别                   |                                        |                                           |                                  |
|------|-------|------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------|
|      |       | 1 级                    | 2 级                                    | 3 级                                       | 4 级                              |
| 渗漏病害 | 湿渍    | $S \leq 0.2\text{m}^2$ | $0.2\text{m}^2 < S \leq 1.0\text{m}^2$ | $S > 1.0\text{m}^2$                       | —                                |
|      | 滴漏    | —                      | $y < 20\text{滴/min}$                   | $20\text{滴/min} \leq y < 300\text{滴/min}$ | $y \geq 300\text{滴/min}$         |
|      | 线漏    | —                      | —                                      | $y < 0.06\text{L/min}$                    | $y \geq 0.06\text{L/min}$        |
|      | 涌水涌泥沙 | —                      | —                                      | $y < 0.01\text{m}^3/\text{d}$             | $y \geq 0.01\text{m}^3/\text{d}$ |

|          |         |                                          |                                                                    |                                                                      |                                                  |
|----------|---------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 破损<br>病害 | 管片裂缝    | $\infty < 0.2\text{mm}$                  | $0.2\text{mm} \leq \infty < 0.3\text{mm}$                          | $0.3\text{mm} \leq \infty < 0.4\text{mm}$                            | $\infty \geq 0.4\text{mm}$                       |
|          | 管片剥落    | $r < 50\text{mm}$ 且<br>$h < 25\text{mm}$ | $50\text{mm} \leq r < 150\text{mm}$ 或<br>$25 \leq h < 50\text{mm}$ | $150\text{mm} \leq r < 300\text{mm}$ 或<br>$50 \leq h < 100\text{mm}$ | $r \geq 300\text{mm}$ 或<br>$h \geq 100\text{mm}$ |
| 变形<br>病害 | 横断面收敛变形 | $\mu < 30\text{mm}$                      | $30\text{mm} \leq \mu < 45\text{mm}$                               | $45\text{mm} \leq \mu < 60\text{mm}$                                 | $\mu \geq 60\text{mm}$                           |
|          | 纵断面相对变形 | $k < 1/7500$                             | $1/7500 \leq k < 1/3750$                                           | $1/3750 \leq k < 1/1875$                                             | $k \geq 1/1875$                                  |
|          | 管片错台    | $\Delta < 10\text{mm}$                   | $10\text{mm} \leq \Delta < 15\text{mm}$                            | $15\text{mm} \leq \Delta < 20\text{mm}$                              | $\Delta \geq 20\text{mm}$                        |
|          | 接缝张开    | $\delta < 8\text{mm}$                    | $8\text{mm} \leq \delta < 15\text{mm}$                             | $15\text{mm} \leq \delta < 20\text{mm}$                              | $\delta \geq 20\text{mm}$                        |

## 5 病害检查、检测与评估

### 5.1 隧道病害检查检测

5.1.1 隧道病害信息调查应查明隧道内部管片错台、渗漏水、裂缝、破损分布及道床脱空情况，并形成病害分布展布图，统计分析隧道病害数量、程度和分布形式。

5.1.2 盾构隧道受损区间检查检测应包括下列内容：

- 1 隧道结构监测数据；
- 2 原隧道结构设计图纸及相关技术资料；
- 3 工程地质和水文地质勘察报告；
- 4 病害隧道附近的建(构)筑物、地下管线和障碍物等资料；
- 5 调查事件发生过程及相关外荷载作用时间等信息；
- 6 病害现状调查；
- 7 局部地勘复查与地层信息对比。

### 5.2 管片服役状态等级评定

5.2.1 管片服役状态等级应根据管片环境等级、完整状态、密闭状态、变形状态和管片极限承载能力状态指标评定。

5.2.2 隧道使用环境类别与作用等级确认应按下列规定执行。

- 1 一般环境及其作用等级可参照表 5.2.2-1 评定。

表 5.2.2-1 一般环境及其作用等级

| 环境等级 | 环境条件                       |
|------|----------------------------|
| A    | 室内干燥环境(年平均湿度低于 60%)        |
| B    | 室内潮湿环境(年平均湿度大于 60%)或长期湿润环境 |
| C    | 干湿交替环境                     |

- 2 氯化物环境及其作用等级可参照表 5.2.2-2 评定。

表 5.2.2-2 氯化物环境及其作用等级

| 环境等级 | 氯离子含量     |            |
|------|-----------|------------|
|      | 水中 (mg/L) | 土中 (mg/kg) |
| C    | 100~500   | C          |
| D    | >500~5000 | D          |
| E    | >5000     | E          |

3 化学腐蚀环境及其作用等级可参照表 5.2.2-3 评定。

表 5.2.2-3 化学腐蚀环境及其作用等级

| 环境等级 | 硫酸根离子       |             | 二氧化碳     | 酸碱度      |
|------|-------------|-------------|----------|----------|
|      | 水中(mg/L)    | 土中(mg/kg)   | 水中(mg/L) | (PH)     |
| C    | 200~1 000   | 300~1 500   | 15~30    | 6.5~5.5  |
| D    | >1000~4000  | >1500~6000  | >30~60   | >5.5~4.5 |
| E    | >4000~10000 | >6000~15000 | >60~100  | <4.5     |

4 公路隧道处于汽车废气直射环境下的构件，环境作用等级应为 C级。

5 其他环境及其作用等级，可按《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T50476评定。

6 运输危险品或其他人为因素造成的化学腐蚀不属于正常使用的环境条件,应专门检测评定。

7 当有多种环境共同作用时应取最高环境作用等级。

5.2.3 满足表 5.2.3所有情形时，管片服役状态等级应评定为 a级。

表 5.2.3 管片服役状态 a级指标

| 环境等级    | 完整状态             | 密闭状态            |
|---------|------------------|-----------------|
| A, B, C | 保护层无剥落、无起皮;无可见裂缝 | $K \leq [K]$    |
| D       |                  | $K \leq 0.5[K]$ |
| E       |                  | $K \leq 0.2[K]$ |

5.2.4 出现表 5.2.4中情形之一时，管片服役状态等级应评定为 b 级。

表 5.2.4 管片服役状态 b 级指标

| 环境等级    | 完整状态                                                       | 密闭状态         |
|---------|------------------------------------------------------------|--------------|
| A, B, C | 剥落深度 $h \leq 5\text{mm}$ ; 裂缝宽度 $\infty \leq 0.3\text{mm}$ | $K > [K]$    |
| D       | 剥落深度 $h \leq 5\text{mm}$ ; 裂缝宽度 $\infty \leq 0.2\text{mm}$ | $K > 0.5[K]$ |
| E       |                                                            | $K > 0.2[K]$ |

5.2.5 出现表 5.2.5中情形之一时,管片服役状态等级应评定为 c级。

表 5.2.5 管片服役状态 c级指标

| 环境等级    | 完整状态                                                                                                                                                | 密闭状态 |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| A, B, C | 剥落深度 $5\text{mm} < h \leq 10\text{mm}$ ;<br>剥落区半径 $70\text{mm} < r \leq 150\text{mm}$ ;<br>裂缝宽度 $0.3\text{mm} < \infty \leq 0.4\text{mm}$ ;<br>内部脱空 | 线漏   |
| D       | 剥落深度 $5\text{mm} < h \leq 10\text{mm}$ ;<br>剥落区半径 $50\text{mm} < r \leq 100\text{mm}$ ;<br>裂缝宽度 $0.2\text{mm} < \infty \leq 0.3\text{mm}$ ;<br>内部脱空 | 滴漏   |
| E       |                                                                                                                                                     | 湿渍   |

5.2.6 出现表 5.2.6 中情形之一时，管片服役状态等级应评定为 d 级。

表 5.2.6 管片服役状态 d 级指标

| 环境等级    | 完整状态                                                                                     | 密闭状态  | 变形状态                                                          |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------------------|
| A, B, C | 剥落深度 $h > 10\text{mm}$ ;<br>剥落区半径 $r > 150\text{mm}$ ;<br>裂缝宽度 $\omega > 0.4\text{mm}$ ; | 涌水涌泥沙 | $L_0/400 < \text{抗度} < L_0/250$ ;<br>$1\% < \text{倾斜度} < 4\%$ |
| D       | 剥落深度 $h > 10\text{mm}$ ;<br>剥落区半径 $r > 100\text{mm}$ ;                                   | 线漏    |                                                               |
| E       | 裂缝宽度 $\omega > 0.3\text{mm}$                                                             | 滴漏    |                                                               |

5.2.7 管片出现下属情形之一，管片服役状态等级应评定为 e 级：

- 1 剥落深度超过保护层厚度，出现钢筋裸露；
- 2 表面剥落面积超过该管片表面积的 1/3；
- 3 管片出现贯穿裂缝；
- 4 D 环境等级下管片出现涌水涌泥沙；E 环境等级下管片出现线漏；
- 5 抗度大于  $L_0/250$ ，倾斜度大于 4%；
- 6 管片极限承载能力状态安全性控制指标  $[a] \leq 0.85$ 。

### 5.3 管片接缝服役状态等级评定

5.3.1 管片接缝服役状态等级应根据密封件完整性、连接渗漏水程度、接缝张开量和错台量、衬砌管片间连接螺栓损伤程度、预埋件损伤和钢构件损伤指标评定。

5.3.2 接缝张开量允许值  $[\delta]$  和错台量允许值  $[\Delta]$  取值可参照附录 B 执行。

5.3.3 管片接缝符合下列情形之一的，管片接缝的服役状态等级应评定为 a 级：

- 1 管片接缝的密封件完整；
- 2 接缝张开量  $\delta \leq [\delta]$ ；
- 3 错台量  $\Delta \leq [\Delta]$ 。

5.3.4 管片接缝符合下列情形之一的，管片接缝服役状态等级应评定为 b 级：

- 1 管片接缝出现滴漏；
- 2 接缝张开量  $[\delta] < \delta \leq 2[\delta]$ ；
- 3 错台量  $[\Delta] < \Delta \leq 1.5[\Delta]$ 。

5.3.5 管片接缝符合下列情形之一的，管片接缝服役状态等级应评定为 c 级：

- 1 管片接缝出现线漏、涌水涌泥沙；

- 2 接缝张开量  $2[\delta]<\delta\leq 3[\delta]$  ;
  - 3 错台量  $1.5[\Delta]<\Delta\leq 2[\Delta]$  。
- 5.3.6 管片接缝符合下列情形之一的,管片接缝服役状态等级应评定为 d级:
- 1 管片接缝出现线漏;
  - 2 接缝张开量  $\delta>3[\delta]$  ;
  - 3 错台量  $\Delta>2[\Delta]$  。
- 5.3.7 管片接缝符合下列情形之一的,管片接缝服役状态等级应评定为 e级:
- 1 连接件承载能力极限状态验算安全性指标  $[a]\leq 0.85$ ;
  - 2 结构缝出现漏泥沙;

- 3 盾构隧道衬砌管片间连接螺栓有拉脱、剪断、滑移或严重损坏；
- 4 混凝土构件端节点连接松动，且伴有明显变形裂缝；
- 5 预埋件的锚板有明显变形或锚板、锚筋与混凝土之间有明显滑移、拔脱现象；
- 6 钢构件连接构造有严重缺陷；
- 7 钢构件连接件有裂缝或锐角切口；
- 8 钢构件的焊缝、螺栓或铆接有拉脱、滑移、松动、剪坏等严重损坏。

#### 5.4 隧道区间服役状态等级评定

5.4.1 隧道区间服役状态等级应根据管片及管片接缝服役状态等级、隧道区间相对变形和防水性能等级指标评定。

5.4.2 隧道区间相对变形指标计算和选取可按附录 C 执行；隧道区间防水性能等级判定应按《地下防水工程质量验收规范》GB50208执行。

5.4.3 隧道区间符合下列所有情形的，隧道区间服役状态等级应评定为 I 级。

- 1 隧道区间横断面相对变形  $\mu \leq 2[\mu]$ ，纵断面相对变形  $k \leq 1.5[k]$ ；
- 2 隧道区间防水等级为二级；
- 3 不含 c、d 和 e 级管片及管片接缝，含有 b 级管片及管片接缝且比例不大于 10%。

5.4.4 隧道区间符合下列情形之一的，隧道区间服役状态等级应评定为 II 级。

1 隧道区间横断面相对变形  $\mu \leq 2[\mu]$ ，纵断面相对变形  $k \leq 1.5[k]$ ，隧道区间防水等级为二级，不含 c、d 和 e 级管片及管片接缝，含有 b 级管片及管片接缝且比例大于 10%；

2 隧道区间横断面相对变形  $\mu \leq 2[\mu]$ ，纵断面相对变形  $k \leq 1.5[k]$ ，区段防水等级为二级，不含 d 和 e 级管片及管片接缝，含有 c 级管片及管片接缝比例不大于 10%。

5.4.5 隧道区间出现下列情形之一的，隧道区间服役状态等级应评定为 III 级。

- 1 隧道区间横断面相对变形  $2[\mu] < \mu \leq 3[\mu]$ ；
- 2 纵断面相对变形  $1.5[k] < k \leq 2[k]$ ；
- 3 隧道区间防水等级为三级；
- 4 不含 d 和 e 级管片及管片接缝，含有 c 级管片及管片接缝比例大于 10%；
- 5 不含 e 级管片及管片接缝，含有 d 级管片及管片接缝比例不大于 10%。

5.4.6 隧道区间出现下列情形之一的，隧道区间服役状态等级应评定为 IV 级。

- 1 隧道区间横断面相对变形  $3[\mu] < \mu \leq 5[\mu]$ ；
- 2 纵断面相对变形  $2[k] < k \leq 4[k]$ ；
- 3 隧道区间防水等级为四级；
- 4 不含 e 级管片及管片接缝，含有 d 级管片及管片接缝且比例大于 10%。

5.4.7 隧道区间出现下列情形之一的，隧道区间服役状态等级应评定为 V 级。

- 1 隧道区间横断面相对变形  $\mu > 5[\mu]$ ；
- 2 纵断面相对变形  $k > 4[k]$ ；
- 3 主体结构含有服役状态为 e 级的管片及管片接缝；
- 4 隧道区间等级超出 IV 级。

## 6 病害整治设计

6.0.1 整治设计方案应根据隧道沉降、收敛监测数据及隧道结构病害情况调查结果,评估报告,经计算分析制定。

6.0.2 整治设计方案应根据隧道病害情况,按下列规定制定。

1 对于存在渗漏现象的隧道结构应采用注浆堵漏,应确定注浆材料及性能指标、注浆效果,若需在管片上开孔,应对注浆孔开孔及封孔提出要求。

2 对于存在破损现象的管片结构应采用混凝土碎裂修补,应根据破损面积、深度及露筋情况制定修补方案。

3 对于存在裂缝现象的管片结构应采用裂缝修补,应根据裂缝宽度、长度、深度、数量及贯穿结构情况制定裂缝修补方案。

4 对于管片结构外侧土层存在脱空现象情况时,应提出密实度注浆加固方案,并提出注浆效果指标。

5 对于管片结构存在收敛变形、接缝张开及错台明显的情况,整治方案应按表 6.0.2确定。

表 6.0.2 病害隧道整治方案

| 序号 | 病害种类                                          |                           |                          | 整治方案      |
|----|-----------------------------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------|
|    | 直径变形 $\Delta D(\text{mm})$                    | 接缝张开量 $\delta(\text{mm})$ | 管片错台 $\Delta(\text{mm})$ |           |
| 1  | $\Delta D > 1.8\% D$<br>(D为隧道内径)              | $\delta > 8$              | $\Delta \geq 20$         | 微扰动注浆+钢内衬 |
| 2  | $1.5\% D < \Delta D \leq 1.8\% D$<br>(D为隧道内径) | $6 < \delta \leq 8$       | $10 < \Delta < 20$       | 微扰动注浆     |

6 对于存在道床脱空现象的管片结构,应根据管片与道床间的离缝宽度和深度制定道床脱空加固方案。

6.0.3 隧道渗漏病害,应根据渗漏程度采取下列处理措施:

1 隧道渗漏呈湿渍、滴漏、线漏状态,可采取骑缝低压注浆处理,浆液选择应符合耐久性、防水性的要求;

2 隧道渗漏呈涌水涌泥沙状态,应先封堵处理,待封堵完成后,再注浆处理。

6.0.4 隧道渗漏病害整治后应符合《地下工程防水技术规范》GB50108二级防水要求。并应符合下列规定:

1 隧道不允许滴漏; 结构表面可有少量湿渍,总湿渍面积不应大于总防水面积的 2%;

2 隧道任意  $100\text{m}^2$  防水面积上的湿渍不超过 3处,单个湿渍的最大面积不大于  $0.2\text{m}^2$ ;

3 隧道工程中漏水的平均渗漏量不应大于  $0.05\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ,任意  $100\text{m}^2$  防水面积渗漏量不应大于  $0.15\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。

6.0.5 管片破损病害,应根据破损程度采取下列处理措施:

1 管片破损面积小于  $0.1\text{m}^2$  以下,深度小于 5cm 时,可采用快速修补砂浆水泥填补修整;

2 管片破损面积不小于  $0.1\text{m}^2$  以上,深度不小于 5cm 时,可采用在破损处植筋,绑扎钢筋网

片,环氧砂浆充填修整。

6.0.6 管片裂缝病害,应根据裂缝宽度采取下列处理措施。

1 裂缝宽度小于 0.2mm 的细微隧道裂缝,出现渗水的贯通裂缝,裂缝表面涂抹水泥基渗透结晶防水材料  $1.5\text{kg}/\text{m}^2$ ,沿裂缝中心两侧各 50mm 涂抹,防水材料性能应符合表 6.0.6 的规定。

表 6.0.6 水泥基渗透结晶型防水材料物理力学性能指标

| 序号 | 检测项目              |           | 指标           |
|----|-------------------|-----------|--------------|
| 1  | 安定性               |           | 合格           |
| 2  | 凝结时间              | 初凝时间(min) | $\geq 20$    |
|    |                   | 终凝时间(h)   | $\leq 24$    |
| 3  | 抗折强度(Mpa)         | (7d)      | $\geq 2.8$   |
|    |                   | (28d)     | $\geq 3.5$   |
| 4  | 抗压强度(Mpa)         | (7d)      | $\geq 12.0$  |
|    |                   | (28d)     | $\geq 18.0$  |
| 5  | 湿基面粘接强度(Mpa)      |           | $\geq 1.0$   |
| 6  | 抗渗压力(Mpa, 28d)    |           | $\geq 1.2$   |
| 7  | 第二次抗渗压力(Mpa, 56d) |           | $\geq 1.0$   |
| 8  | 渗透压力比(28d)        |           | $\geq 300\%$ |

2 对于裂缝宽度大于 0.2mm,小于 0.5mm 细浅的裂缝,用钢丝刷沿缝对表面刷毛和清洁处理,然后骑缝用环氧胶泥和粘贴灌浆盒或灌浆嘴。

3 对于裂缝宽度大于 0.5mm,小于 1.0mm 宽且深的裂缝,宜沿缝开凿 V 形槽,然后骑槽粘埋灌浆嘴。V 型槽凿开深度和宽度以至裂缝深度为准。

4 对于裂缝宽度大于 1.0mm 裂缝,应采用填充法修补。

6.0.7 道床脱空病害,应根据管片与道床间的离缝宽度和深度采取下列处理措施:

处理措施可参考 6.0.6 节内容。

6.0.8 隧道结构加固设计应采取增强或改善结构内力等措施,并应符合结构承载力要求以及安全性、耐久性和适应性。

6.0.9 隧道管片修补设计应根据结构受损情况、现场条件和使用要求选择加固方法及使用技术,应采

用技术成熟、安全、可靠的防水材料,并应符合工程结构耐久性与长期防水性。

6.0.10 隧道结构安全性验算宜包括隧道管片本体结构、管片接缝等。

6.0.11 隧道结构安全复核计算应根据隧道工程地质及水文条件、周围环境等选取合理计算荷载参数和围岩参数,并根据计算参数建立隧道横断面、纵断面或整体结构模型。

6.0.12 隧道结构内力和变形计算宜采用荷载-结构法计算,应计及围岩对衬砌结构变形约束作用的弹性反力。弹性反力及分布可根据衬砌结构型式和围岩变形性质等因素,采用局部变形理论计算确定。

6.0.13 钢内衬加固应采用衬砌圆环计算模型,如图 6.0.13所示,根据隧道变形原因以及隧道实测收敛变形值,计算变形后衬砌的弯矩和轴力内力值,并以叠合结构型式验算加固后隧道断面截面承载力,控制加固后隧道变形维持不变。

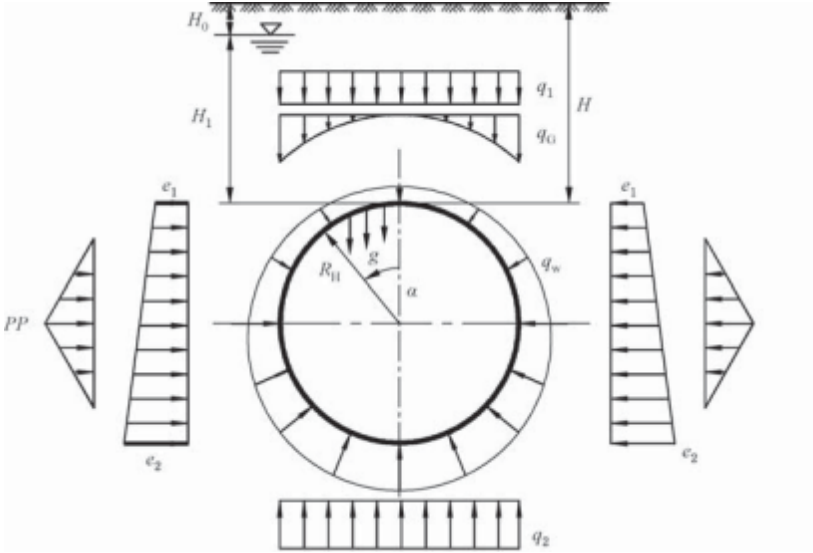


图 6.0.13 衬砌圆环计算模型

6.0.14 截面承载力应参考图 6.0.14, 并按下列公式确定：

$$f_{sp} A_{sp} e$$

$$e_1 e_0 e_a$$

$$a, a/h_0$$

式中：

$$N$$

$$\alpha_1$$

$$f_{c0}$$

$$b$$

$$\rho$$

$$A_o$$

$$A_o'$$

$$f_{y0}$$

$$A_{s0}$$



$N \leq \alpha_1 f_{cd} b$  心抗压强度设计值(N/mm<sup>2</sup>) ; — 截面宽度(mm)

$\xi + f_{yd} A_{s0}$  ;

$— f_{yd} A_{s0} —$   
 $f_{sp} A_{sp}$  — 等效矩形应力图形的混凝土受压区高度(mm) ;

..... — 原构件受压区纵向钢筋抗压强度设计值(N/mm<sup>2</sup>) ;

( 6.0.14 -  
1 ) — 原构件受压区纵向钢筋截面面积(mm<sup>2</sup>) ;

$N. e \leq \alpha_1$  — 原构件受拉区纵向钢筋抗压强度设计值(N/mm<sup>2</sup>) ;

— 原构件受拉区纵向钢筋截面面积(mm<sup>2</sup>) ;

$f_{cd} b \xi (h_0$  — 加固钢板的抗拉强度设计值(N/mm<sup>2</sup>) ;

$— \frac{\xi}{2} ) + f$  — 加固钢板截面面积(mm<sup>2</sup>) ;

$\xi_0 A_0 (h_0$  — 轴向压力作用点至纵向受拉钢筋和钢板合力作用点的距离(mm) ;

— 初始偏心距(mm) ;

$\alpha_1') + f_{sp} A_{sp}$  — 轴向压力对截面重心的偏心距(mm) , 取  $e_0 = M/N$  ;

$(h - h_0) \dots$  — 附加偏心距(mm) , 按偏心方向截面最大尺寸  $h$  确定;当  $h \leq 600$ mm 时 ,  $e_a = 20$ mm;

$\dots ( 6.0. \quad$  当  $h > 600$ mm 时 ,  $e_a = h/30$  ;

14-2) — 分别为纵向受拉钢筋和钢板合力点、纵向受压钢筋合力点至截面边的距离(mm) ;

— 截面有效高度(mm) ;

$e = e_1 +$

$\frac{h}{2} - \alpha$

.....

.....( 6.0.

14-3 )

$e = e_0 + e_a$

.....

.....( 6.0.

14-4 )

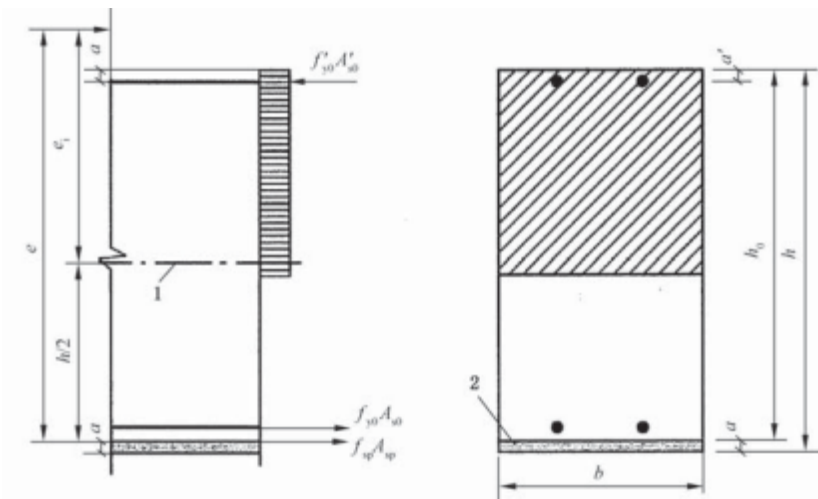
— 加固后轴  
向压力设计  
值(KN) ;

— 系数 , 按  
《混凝土结  
构设计规范  
》  
(GB50010)  
规定取值 ;

—

原  
构  
件  
混  
凝  
土  
轴

$h$       一 截面高度(mm) ；  
 $f_{sp}$       一 加固钢板的抗拉强度设计值(N/mm<sup>2</sup>) 。



1— 截面重心轴 ；  
2— 加固钢板 。

图 6.0.14 矩形截面大偏心受压构件粘钢加固承载力计算

## 7 施工准备

7.0.1 施工组织设计应根据设计要求编制，经审批的专项施工方案应向隧道产权单位报备，应取得隧道产权单位同意后方可进场施工。并对施工人员进行培训及安全、技术交底，特殊工种人员应持证上岗。

7.0.2 施工安全措施应符合下列规定。

1 应制定隧道结构及设施设备风险防范措施;对隧道结构变形、错台、破损、漏水等应由专人检测和监测，并填写观测记录;周边环境保护有要求时，应对周边邻近环境设施变形监测和记录。

2 施工装备应专项设计并符合施工和安全要求，应在使用前验收。

3 当施工现场有影响人员健康的粉尘、噪声、有害辐射和有害气体时，应采取防护措施，做好通风、排水、检测，并安排专人值守。

4 施工现场临时用电、动火应符合《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ46的有关规定及运营要求,地铁内施工应符合地铁运营专项要求,并配备消防器材和人员监护;化学材料及产品应存放在远离火源的地方,并应密封存放;现场动火前应申请,经批准后动火。

5 施工前运营单位应组织对施工单位进入运营区施工作业人员进行专项交底与培训。

6 运营隧道内作业人员应遵循运营单位的管理和请销点制度,并保持信息畅通。

7 若在密闭空间内施工,应申报密闭空间专项施工方案。

7.0.3 施工前应查验材料的质量证明文件,特殊材料宜实验测试。

7.0.4 钢环加固施工前,隧道内管线和设施的移位或保护应符合下列规定:

1 施工前应对隧道内管线和设施影像留存,并应交底和移交;

2 加固作业施工影响范围内的管线、设施设备应临时拆移或保护；

3 隧道断面设施布置应实地调查，并应规划运输、施工机械设备行走和停靠位置，确认与管线、设施设备安全距离符合设计要求后，方可加固作业。

7.0.5 隧道变形整治施工前，隧道外管线、建(构)筑物、绿化和路政、设施应符合下列规定：

- 1 施工前应根据设计图纸和勘探资料摸清施工范围内建(构)筑物、管线情况，并办好相关手续；
- 2 施工前办理施工过程中管线交底、绿化、路政、交通等证明文件手续；
- 3 交通疏解，应至相关部门备案，手续完备后方可实施。

## 8 隧道渗漏整治

### 8.1 一般规定

8.1.1 施工前应进行现场调研和明确渗漏情况，针对渗漏情况采用施工处理方法，隧道渗漏处理可参照《地下工程渗漏治理技术规程》JGJ/T212执行。

8.1.2 盾构隧道结构渗漏处理宜选用聚氨酯类灌浆材料、环氧类灌浆材料、丙烯酸盐类浆液、无机类等注浆材料。

### 8.2 盾构隧道内堵漏材料

8.2.1 注浆堵漏油溶性聚氨酯应符合《聚氨酯灌浆材料》JC/T2041的规定，可按表 8.2.1确定。

表 8.2.1 油溶性聚氨酯性能指标表

| 序号 | 项目                     | 指标要求                   |
|----|------------------------|------------------------|
| 1  | 密度(g/cm <sup>3</sup> ) | ≥1.05                  |
| 2  | 黏度(mPa • s)            | ≤1.0 × 10 <sup>3</sup> |
| 3  | 凝固时间(s)                | ≤60                    |
| 4  | 不挥发物含量(%)              | ≥85                    |
| 5  | 发泡率(%)                 | ≥2000                  |

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/805024230202012040>