

## 工程品質保證計劃及程序

### 盾構隧道工程

#### 一、通則及適用範圍

本章內容適用於盾構隧道工程，盾構法是暗挖工法的一種，也是一種全機械化施工工法，透過盾構機前端的刀盤在土層中切削土體，加上千斤頂在後方加頂產生推力作用前進，前進時把土渣運送至後方隧道外，並在機內拼裝隧道管片形成襯砌及實施壁後注漿，隧道管片一般是由預製混凝土管片拼裝而成，是構成隧道結構的主要材料。

盾構隧道於現場之品質保證有下列幾方面的基本要求：

- ✓ 預製混凝土管片及防水塗料的檢測；
- ✓ 隧道管片螺栓系統的檢測；
- ✓ 隧道管片橡膠密封墊的檢測；
- ✓ 工程地質及水文調查；
- ✓ 地質改量施工的檢查；
- ✓ 盾構鑽挖施工作業的監測；
- ✓ 隧道管片壁後注漿作業的檢查；
- ✓ 盾構機機型的選擇、製作、組裝的檢查。

上述基本要求均需要滿足設計與相關標準、法規條款。

#### 二、工程品質保證文件之要求

盾構隧道工程於各施工階段，需提交下列文件作審閱或記錄存檔：

##### 工程施工前

- ✓ 工地地質及水文勘察報告及相關土壤/岩石測試安排計劃；
- ✓ 鄰近建築物狀況記錄及保護措施，包括安全監測（如水壓、位移及沉降變化）及環境保護的計劃；
- ✓ 施工設備資料，包括盾構機型之選擇、規格及驗收記錄；
- ✓ 施工計劃，內容包括盾構機的生產與組裝、各項材料的運輸、儲存、場地佈置與規劃、機具設備、施工步驟、品質管理、施工作業的監控、地下水控制、工地安全和緊急應變措施等；

- ✓ 應用材料的詳細技術資料及相關檢驗報告，包括混凝土材料、鋼筋材料、灌漿材料、護壁泥漿、管片螺栓系統、管片橡膠墊圈及防水塗料等，對上述混凝土材料和鋼筋材料的技術資料要求，可詳閱鋼筋混凝土工程的品質保證計劃及程序；
- ✓ 盾構隧道的檢測計劃，須包括於工查及試驗機構資料。

工程施工階段或竣工驗收時

- ✓ 應用材料的試驗記錄和報告；
- ✓ 工地現場施工記錄，包括：
  - 盾構施工及檢查記錄；
  - 管片拼裝及檢查記錄；
  - 壁後注漿記錄。
- ✓ 現場檢測報告；
- ✓ 材料運輸及存放記錄；
- ✓ 環境監測記錄；
- ✓ 盾構隧道的竣工平面圖。

### 三、檢查、測試及驗收工作

盾構隧道工程的檢查工作可歸納於下表：

| 盾構隧道工程檢查項目表              |    |    |      |      |      |         |    |
|--------------------------|----|----|------|------|------|---------|----|
| 檢查項目                     | 位置 |    | 施工控制 | 材料控制 | 檢查頻率 | 標準要求    | 備註 |
|                          | 水平 | 高程 |      |      |      |         |    |
| 前期調查 <sup>1</sup>        | ✓  | ✓  | ✓    |      | 全數檢查 | a, b    |    |
| 施工測量 <sup>2</sup>        | ✓  | ✓  | ✓    |      | 全數檢查 | a, b, f |    |
| 鄰房之安全監測 <sup>3</sup>     | ✓  | ✓  | ✓    |      | 全數檢查 | b, f    |    |
| 盾構機設計技術方案 <sup>4</sup>   |    |    | ✓    |      | 全數檢查 | b, f    |    |
| 盾構機的組裝與出廠測試 <sup>5</sup> |    |    | ✓    | ✓    | 全數檢查 | b, f    |    |
| 盾構機現場驗收 <sup>6</sup>     |    |    | ✓    |      | 全數檢查 | e, f    |    |
| 管片生產與驗收 <sup>7</sup>     |    |    |      | ✓    | 全數檢查 | b, d, f |    |
| 掘進施工 <sup>8</sup>        | ✓  | ✓  | ✓    |      | 全數檢查 | b, f    |    |
| 管片拼裝 <sup>9</sup>        |    |    | ✓    |      | 全數檢查 | b, f    |    |
| 壁後注漿 <sup>10</sup>       |    |    | ✓    | ✓    | 全數檢查 | b, f    |    |
| 隧道防水 <sup>11</sup>       |    |    | ✓    | ✓    | 全數檢查 | b, c, f |    |
| 材料之運輸及儲存                 |    |    | ✓    | ✓    | 全數檢查 | b, f    |    |
| 環境保護                     |    |    | ✓    |      | 如有需要 | f       |    |

註： 檢查項目

#### 1－ 前期調查

施工前，應對施工地段的工程地質及水文地質進行調查，必要時應補充地質勘察。

#### 2－ 施工測量

施工測量包括：地面控制測量、聯系測量、隧道內控制測量、掘進施工測量、貫通測量各竣工測量。當工程的承攬規則或設計有判定指標時，應以相關要求為依據；如無相關指標依據時，隧道貫通測量可按 GB50446[5] 的要求進行評定，詳見下表：

| 隧道類型 | 橫向貫通測量限差(mm) |       |        | 高程貫通測量限差<br>(mm) |
|------|--------------|-------|--------|------------------|
|      | L<4          | 4≤L<7 | 7≤L<10 |                  |
| 地鐵隧道 | 100          | -     | -      | 50               |
| 公路隧道 | 100          | 150   | 200    | 70               |
| 鐵路隧道 | 100          | 130   | 160    | 50               |
| 水工隧道 | 100          | 150   | -      | 75               |
| 市政隧道 | 100          | 150   | 200    | 70               |

| 隧道類型 | 橫向貫通測量限差(mm) |       |        | 高程貫通測量限差(mm) |
|------|--------------|-------|--------|--------------|
|      | L<4          | 4≤L<7 | 7≤L<10 |              |
| 油汽隧道 | 100          | 150   | 200    | 70           |

註: L 為隧道貫通長度(km)

### 3- 鄰房之安全監測

施工期間應對鄰近建築物、地下管線、道路與軌道交通線路進行監測。

### 4- 盾構機設計技術方案

盾構機設計與選型應遵循適用、可靠、經濟等原則，系統設計配置包括但不限於：刀盤、推進液壓系統、管片拼裝機、螺旋輸送機、泥水循環系統、鉸接裝置、渣土改良系統和注漿系統等。須遞交盾構機設計技術方案及專家論證會議結果（如適用）供審核。

### 5- 盾構機的組裝與出廠測試

#### 5.1 盾構機的組裝生產

為保證盾構機主要零部件質量符合設計規範技術要求，監理單位及質量控制單位會於盾構機生產過程中，到製造商抽查盾構機重要零部件採購質量，承建單位須定期遞交以下檔供監理單位及質量控制單位審閱：

- ✓ 主要零部件進廠驗收記錄；
- ✓ 成套設備開箱記錄及清單；
- ✓ 採購產品出廠合格證；
- ✓ 主要零部件質量檔副本，包括但不限於：
  - 大型定制機械構件；
  - 泵
  - 變速箱
  - 電機

#### 5.2 盾構機の出廠測試

監理單位及質量控制單位會到製造商見證盾構機出廠測試，出廠測試前，承建單位應遞交出廠測試計劃及測試報告樣本供審核，出廠測試報告內容應包括但不限於：

- ✓ 盾體；
- ✓ 刀盤；
- ✓ 主驅動系統；
- ✓ 人艙；
- ✓ 管片拼裝機；
- ✓ 輸送機；
- ✓ 液壓系統；
- ✓ 流體系統；
- ✓ 電控系統；
- ✓ 安防系統；
- ✓ 配套設備及輔助系統；

### 6- 盾構機現場驗收

盾構機現場調試驗收前，承建單位應遞交盾構機現場組裝施工方案及調試驗收表格樣本供審核，現場調試驗收內容應包括但不限於：

- ✓ 盾體；
- ✓ 刀盤；
- ✓ 主驅動系統；
- ✓ 人艙；
- ✓ 管片拼裝機；
- ✓ 輸送機；
- ✓ 液壓系統；
- ✓ 流體系統；
- ✓ 電控系統；
- ✓ 安防系統；
- ✓ 配套設備及輔助系統；

盾構機現場調試驗收後，須由澳門土地工務局相關專業範疇的註冊工程師簽發可安全使用的整機檢測報告及勞工事務局表格 A、B、C、D。

### 7- 管片生產與驗收

當工程的承攬規則或設計有判定指標時，應以相關要求為依據；如無相關指標依據時，管片生產與驗收可按

CJJ/T164[6]的要求執行相關工作。

#### 8 – 掘進施工

盾構機掘進施工可分為始發、掘進和接收階段。施工中應根據各階段施工特點及施工安全、工程質量各環保要求採取針對性施工技術措施。當工程的承攬規則或設計有判定指標時，應以相關要求為依據；如無相關指標依據時，按 GB50446[5]的要求，在掘進過程中遇到下列情況應及時通報與處理：

- 盾構前方地層發生塌陷或遇障礙；
- 盾構殼體滾轉角達到 3°；
- 盾構軸線偏離隧道軸線達到 50mm；
- 盾構推力與預計推力相差較大；
- 管片嚴重開裂或嚴重錯台；
- 壁後注漿系統發生故障無法注漿；
- 盾構掘進扭矩發生異常波動；
- 動力系統、密封系統和控制系統等發生故障。

#### 9 – 管片拼裝

管片拼裝前，其防水密封材料的黏貼效果應驗收合格。管片拼裝過程中應對隧道軸線和高程進行控制，當工程的承攬規則或設計有判定指標時，應以相關要求為依據；如無相關指標依據時，其允許偏差和檢驗方法可按 GB50446[5]的要求進行評定，詳見下表：

| 檢驗項目       | 允許偏差     |          |          |          |          |          | 檢驗方法    | 檢驗數量   |       |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|--------|-------|
|            | 地鐵<br>隧道 | 公路<br>隧道 | 鑼路<br>隧道 | 水工<br>隧道 | 市政<br>隧道 | 油汽<br>隧道 |         | 環數     | 點數    |
| 襯砌環橢圓度(‰)  | ±5       | ±6       | ±6       | ±8       | ±5       | ±6       | 斷面儀、全站儀 | 每 10 環 | -     |
| 襯砌環內錯台(mm) | 5        | 6        | 6        | 8        | 5        | 8        | 尺量      | 逐環     | 4 點/環 |
| 襯砌環間錯台(mm) | 6        | 7        | 7        | 9        | 6        | 9        | 尺量      | 逐環     |       |

#### 10 – 壁後注漿

應根據工程地質條件、地表沉降狀態、環境要求及設備性能等選擇注漿方式。

#### 11 – 隧道防水

隧道防水應包括管片自身防水、管片接縫防水和特殊部位防水。當工程的承攬規則或設計有判定指標時，應以相關要求為依據；如無相關指標依據時，其隧道滲漏水處理可按 GB50108[17]之相關規定執行。

#### 標準要求

- a – 地工技術規章 [1]
- b – GB50446 [5]
- c – GB50108 [17]
- d – CJJ/T164 [6]
- e – 澳門特別行政區第 44/91/M 號法令
- f – 專案工程技術規格/承攬規則

盾構隧道工程的測試及驗收工作可歸納於下表：

| 盾構隧道工程試驗項目表  |                                                                                                                                                                                               |      |      |    |                                        |                  |                |    |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|----|----------------------------------------|------------------|----------------|----|
| 檢測項目<br>檢測方法 |                                                                                                                                                                                               | 地質調查 | 應用材料 | 成品 | 建議檢測頻率                                 | 標準要求             | 合格準則           | 備註 |
| 地質鑽探         |                                                                                                                                                                                               | ✓    |      |    | 如有需要                                   | a, m             | -              |    |
| 管片材料         | 鋼筋材料的測試 <sup>1</sup>                                                                                                                                                                          |      | ✓    |    | -                                      | b, d, m          | i              |    |
|              | 混凝土材料的測試<br>- 試拌分析 <sup>2</sup><br>- 稠度/坍落度測試 <sup>2</sup><br>- 立方試體抗壓強度測試 <sup>2</sup><br>- 鑽孔取心測試 <sup>2</sup><br>- 滲水性測試 <sup>2</sup><br>- 氯離子含量測試 <sup>2</sup><br>- 抗氯離子入侵測試 <sup>3</sup> |      | ✓    |    | -                                      | c, d, l, m, n, o | ii, iii, iv, v |    |
|              | 管片成品檢驗 <sup>4</sup>                                                                                                                                                                           |      |      | ✓  | 不少於同一檢驗批管片總數的 5%                       | d, m             |                |    |
|              | 水平拼裝檢驗 <sup>5</sup>                                                                                                                                                                           |      |      | ✓  | 每 1000 環抽檢 1 塊，<br>不足 1000 環時按 1000 環計 | d, m             | iii            |    |
|              | 滲漏檢驗 <sup>6</sup>                                                                                                                                                                             |      |      | ✓  |                                        | d, m             | iii            |    |
|              | 抗彎性能檢驗 <sup>7</sup>                                                                                                                                                                           |      |      | ✓  |                                        | d, m             | iii            |    |
|              | 抗拔性能檢驗 <sup>8</sup>                                                                                                                                                                           |      |      | ✓  |                                        | d, m             | iii            |    |
|              | 外觀尺寸檢驗 <sup>9</sup>                                                                                                                                                                           |      |      | ✓  | 每 200 環抽檢 1 環，<br>不足 200 環時按 200 計     | d, m             | iii            |    |
|              | 主鋼筋保護層厚                                                                                                                                                                                       |      |      | ✓  | 每 15 環抽檢 1 環                           | k, m             | -              |    |
| 螺栓系統         | 抗拉強度                                                                                                                                                                                          |      |      | ✓  | 每 3000 套，同一等級檢驗 1 次                    | e, m             | -              |    |
|              | 硬度                                                                                                                                                                                            |      |      | ✓  |                                        | f, m             | -              |    |
|              | 塗層厚度                                                                                                                                                                                          |      |      | ✓  |                                        | g, m             | -              |    |
|              | 鹽霧腐蝕(480h)                                                                                                                                                                                    |      |      | ✓  | 同一品牌檢驗 1 次                             | h, i, m          | -              |    |
| 橡膠墊圈         | 外觀質量 <sup>10</sup>                                                                                                                                                                            |      |      | ✓  | 同一等級，每批量                               | j, m             | -              |    |
|              | 物理性能測試 <sup>11</sup>                                                                                                                                                                          |      |      | ✓  | 同一等級，每批量                               | j, m             | -              |    |

註： 檢測方法

#### 1－ 鋼筋材料的測試

一般包括幾何尺寸及重量檢驗、拉伸性能測試及鋼筋拼接的測試等，可參閱鋼筋混凝土工程的品質保證計劃及程序。

#### 2－ 混凝土材料的測試

混凝土試拌分析、稠度/坍落度測試、立方試體抗壓強度測試、鑽孔取心測試、滲水性測試和氯離子含量測試等，可參閱鋼筋混凝土工程的品質保證計劃及程序。

#### 3－ 抗氯離子入侵測試

包括混凝土抗氯離子滲透性電量指標測定及混凝土中的氯離子擴散系數測定。

#### 4－ 管片成品檢驗

當工程的承攬規則或設計有判定指標時，應以相關要求為依據；如無相關指標依據時，管片成品檢驗可按 CJJ/T164 [6] 之相關規定執行，即成品管片混凝土之檢驗，採用回彈法，回彈法抽檢數量不少於同一檢驗批管片總數的 5%。

#### 5－ 水平拼裝檢驗

可採用二環拼裝或三環拼裝，拼裝時不加襯墊。環寬 $\leq 2\text{m}$  的管片宜按二環拼裝，環寬 $> 2\text{m}$  管片宜採用三環拼裝。當工程的承攬規則或設計有判定指標時，應以相關要求為依據；如無相關指標依據時，其檢驗項目和允許偏差可按 CJJ/T164 [6] 的要求進行評定，詳見下表：

| 序號 | 檢驗項目  | 允許偏差 (mm) |
|----|-------|-----------|
| 1  | 成環後內徑 | $\pm 2$   |
| 2  | 成環後外徑 | +6, -2    |
| 3  | 環向縫間隙 | 0~2       |
| 4  | 縱向縫間隙 | 0~2       |

#### 6－ 滲漏檢驗

採用剛性支座，橫壓件、緊回螺桿及檢驗架鋼板應有足夠剛度。當工程的承攬規則或設計有判定指標時，應以相關要求為依據；如無相關指標依據時，其檢驗方法和評定可按 CJJ/T164 [6] 之相關規定執行：

加壓步驟：

- 按 0.05MPa/min 的加壓速度，加壓到 0.2MPa，穩壓 10min，檢查管片的滲漏情況，觀察側面滲透高度，作好記錄；
- 繼續加壓到 0.4MPa、0.6MPa...，每級穩壓時間 10min，直至加壓到設計壓力，穩壓 2 小時，檢查管片內弧面的滲漏情況，觀察側面滲透高度，作好記錄；
- 穩壓時間內，應保證水壓穩定，出現水壓回落應及時補壓，保證水壓保持在規定壓力值；
- 混凝土管片滲漏檢驗過程中，若因橡膠密封墊不密實出現滲漏水時，應判定試驗失敗，重新檢驗。

評定準則：

在設計抗滲壓力下穩壓 2 小時，管片內弧面不出現滲漏水現象，側面滲水高度不超過 50mm，可判定抗滲性能合格。

#### 7－ 抗彎性能檢驗

當工程的承攬規則或設計有判定指標時，應以相關要求為依據；如無相關指標依據時，混凝土管片抗彎性能檢驗方法和評定可按 CJJ/T164 [6] 之相關規定執行：

混凝土管片抗彎性能檢驗應採用分級加載方法，每級持荷時間不少於 5min，加載步驟如下：

|       | 一級  | 二級  | 三級  | 四級  | 五級  | 六級  | 七級   |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 分級加載值 | 20% | 20% | 20% | 20% | 10% | 5%  | 5%   |
| 累計加載值 | 20% | 40% | 60% | 80% | 90% | 95% | 100% |

抗彎檢驗數據處理應按照 CJJ/T 164 [6] 第 5.6.8 項執行。

#### 8－ 抗拔性能檢驗

混凝土管片應採用穿心式張拉千斤頂進行管片吊裝孔的預埋受力構件抗拔性能檢驗。而抗拔檢驗加載步驟按照抗彎性能加載步驟執行(見第 7 項)。

## 9- 外觀尺寸檢驗

當工程的承攬規則或設計有判定指標時，應以相關要求為依據；如無相關指標依據時，外觀尺寸檢驗的項目、質量要求和允許偏差等可按 CJJ/T164 [6] 之相關規定執行：

管片外觀主控項目

| 序號 | 項目   | 檢驗項目    | 質量要求                         |
|----|------|---------|------------------------------|
| 1  | 主控項目 | 貫穿裂縫    | 不允許                          |
| 2  |      | 內、外弧面露筋 |                              |
| 3  |      | 孔洞      |                              |
| 4  |      | 疏鬆、夾渣   |                              |
| 5  |      | 蜂窩      |                              |
| 6  |      | 非貫穿性裂縫  | 0~0.1mm                      |
| 7  | 一般項目 | 拼接面裂縫   | 拼接面方向長度不超過密封槽，裂縫寬度允許 0~0.2mm |
| 8  |      | 麻面、粘皮   | 表面麻面、粘皮總面積不大於 5%             |
| 9  |      | 缺棱掉角、飛邊 | 應修補                          |
| 10 |      | 環、縱向螺栓孔 | 暢通、內圓面平整，不應有塌孔               |

管片尺寸檢驗項目，採用游卡尺精準度至 0.1mm

| 序號 | 項目性質 | 檢驗項目    | 允許偏差 (mm) |
|----|------|---------|-----------|
| 1  | 主控項目 | 寬度      | ±1        |
| 2  |      | 厚度      | +3, -1    |
| 3  | 一般項目 | 鋼筋保護層厚度 | ±5        |

## 10 - 橡膠密封墊外觀質量

當工程的承攬規則或設計有判定指標時，應以相關要求為依據；如無相關指標依據時，橡膠密封墊外觀質量的檢驗項目包括：汽泡、雜質、接頭缺陷、凹痕、中孔偏心等可按 GB18173.4 [14] 之相關規定執行，詳見下表：

| 缺陷名稱                                    | 質量要求                                           |                                               |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
|                                         | 工作面*部分                                         | 非工作面                                          |
| 汽泡                                      | 直徑在 0.5~1mm 的汽泡，每米不允許超過 3 處                    | 直徑在 0.5~2mm 的汽泡，每米不允許超過 4 處                   |
| 雜質                                      | 面積在 2~7mm <sup>2</sup> 的雜質，每米不允許超過 3 處         | 面積在 4~8mm <sup>2</sup> 的雜質，每米不允許超過 3 處        |
| 接頭缺陷                                    | 不允許有裂口及海綿現象，高度在 1~1.5mm 的凸起每米不超過 2 處           | 不允許有裂口及海綿現象，高度在 1~1.5mm 的凸起每米不超過 4 處          |
| 凹痕                                      | 深度超過 0.5mm、面積 3~8mm <sup>2</sup> 的凹痕，每米不超過 2 處 | 深度超過 1mm、面積 5~10mm <sup>2</sup> 的凹痕，每米不超過 4 處 |
| 中孔偏心                                    | 中心孔周邊對稱部位於度差不應超過 1mm                           |                                               |
| *工作面指管片拼裝後密封墊與密封墊之間的接觸面及密封墊上與密封墊溝槽的接觸面。 |                                                |                                               |

## 11 - 橡膠密封墊物理性能測試

當工程的承攬規則或設計有判定指標時，應以相關要求為依據；如無相關指標依據時，彈性橡膠密封墊成品物理性能測試的項目和指標可按 GB18173.4 [14] 之相關規定執行，詳見下表：

| 項目         | 指標    |                  |                   |
|------------|-------|------------------|-------------------|
|            | 氯丁橡膠  | 三元乙丙橡膠 (EPDM)    |                   |
| 硬度-邵爾 A(度) | 50~60 | I 型 <sup>a</sup> | II 型 <sup>b</sup> |
|            |       | 50~60            | 60~70             |
| 硬度偏差(度)    | ±5    | ±5               | ±5                |

| 項目                              |                     | 指標    |                  |      |
|---------------------------------|---------------------|-------|------------------|------|
|                                 |                     | 氯丁橡膠  | 三元乙丙橡膠<br>(EPDM) |      |
| 拉伸強度(MPa)                       |                     | ≥10.5 | ≥9.5             | ≥10  |
| 拉斷伸長率(%)                        |                     | ≥350  | ≥350             | ≥330 |
| 壓縮永久變形(%)                       | 70'c x 24-02 h, 25% | ≤30   | ≤25              | ≤25  |
|                                 | 23'c x 72-02 h, 25% | ≤20   | ≤20              | ≤15  |
| 熱空氣老化<br>70'c x 96 h            | 硬度變化(度)             | ≤8    | ≤6               | ≤6   |
|                                 | 拉伸強度降低率(%)          | ≤20   | ≤15              | ≤15  |
|                                 | 拉斷伸長率降低率<br>(%)     | ≤30   | ≤30              | ≤30  |
| 防霉等級                            |                     | 不低於二級 |                  |      |
| a. I 型為無孔密封墊。<br>b. II 型為有孔密封墊。 |                     |       |                  |      |

遇水膨脹橡膠密封墊膠料物理性能要如下：

| 項目             |           | 技術指標  |       |
|----------------|-----------|-------|-------|
| 硬度-邵爾 A(度)     |           | 42±10 | 45±10 |
| 硬度偏差(度)        |           | ≥3.5  | ≥3    |
| 拉斷伸長率(%)       |           | ≥450  | ≥350  |
| 體積膨脹倍率(%)      |           | ≥250  | ≥400  |
| 反復浸水試驗         | 拉伸強度(MPa) | ≥3    | ≥2    |
|                | 拉斷伸長率(%)  | ≥350  | ≥250  |
|                | 體積膨脹倍率(%) | ≥250  | ≥300  |
| 低溫彎折(-20°C 2h) |           | 無裂紋   |       |

#### 標準要求

- a - 地工技術規章 [1]
- b - 鋼筋混凝土用熱軋鋼筋標準，第 64/96/M 號法令 [2]
- c - 混凝土標準，第 42/97/M 號法令 [3]
- d - CJJ/T164 [6]
- e - GB/T228.1 [9]
- f - GB/T3098.1 [10]
- g - GB/T4956 [11]
- h - GB/T10125 [12]
- i - GB/T1771 [13]
- j - GB18173.4 [14]
- k - GB 50204 [15]
- l - GB50010 [16]
- m - 專案工程技術規格/承攬規則
- n - DB44/T 566 [18]
- o - GB/T 50476 [19]

#### 合格準則

- i - 參照設計鋼筋混凝土用熱軋鋼筋標準及設計要求。
- ii - 參照設計混凝土標準及設計要求。
- iii - 參照 CJJ/T164 [6]。
- iv- 關於混凝土氯離子含量測定，須滿足下表要求：

| 混凝土配比中氯化物之最大含量 |                         |
|----------------|-------------------------|
| 混凝土最終用途        | 氯化物最大含量<br>(以膠凝材料質量計)   |
| 素混凝土           | 1.00%                   |
| 鋼筋混凝土          | 0.20% (適用於暴露級別 1 及 2)   |
| (或含有其他金屬埋件)    | 0.10% (適用於暴露級別 3)       |
| 預應力混凝土         | 0.06% (適用於暴露級別 1、2 及 3) |

| 硬化混凝土中氯化物之最大含量 |                          |
|----------------|--------------------------|
| 混凝土最終用途        | 氯化物最大含量<br>(以混凝土質量計)     |
| 素混凝土           | 0.15%                    |
| 鋼筋混凝土          | 0.03% (適用於暴露級別 1 及 2)    |
| (或含有其他金屬埋件)    | 0.015% (適用於暴露級別 3)       |
| 預應力混凝土         | 0.009% (適用於暴露級別 1、2 及 3) |

- v- 關於混凝土抗氯離子入侵性能測定，須滿足下表要求：

| 混凝土抗氯離子滲透性電量指標 (56d 齡期,C) |           |               |           |               |           |               |
|---------------------------|-----------|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|
| 設計使用年限                    | 100 年     |               | 70 年      |               | 50 年      |               |
| 環境條件                      | 中度、<br>嚴重 | 非常嚴重、<br>極端嚴重 | 中度、<br>嚴重 | 非常嚴重、<br>極端嚴重 | 中度、<br>嚴重 | 非常嚴重、<br>極端嚴重 |
| 6h 電量值                    | <950      | <800          | <1100     | <800          | <1350     | <950          |

| 混凝土中的氯離子擴散係數 DRCM (28d 齡期, $10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ ) |           |               |           |               |           |               |
|--------------------------------------------------------------|-----------|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|
| 設計使用年限                                                       | 100 年     |               | 70 年      |               | 50 年      |               |
| 環境條件                                                         | 中度、<br>嚴重 | 非常嚴重、<br>極端嚴重 | 中度、<br>嚴重 | 非常嚴重、<br>極端嚴重 | 中度、<br>嚴重 | 非常嚴重、<br>極端嚴重 |
| 氯離子擴散係數                                                      | $\leq 6$  | $\leq 4$      | $\leq 7$  | $\leq 4$      | $\leq 10$ | $\leq 6$      |

#### 四、引用法規/參考技術文件

- [1] 法令第 47/96/M 號，地工技術規章，澳門政府
- [2] 法令第 64/96/M 號，鋼筋混凝土用熱軋鋼筋標準，澳門政府
- [3] 法令第 42/97/M 號，混凝土標準，澳門政府
- [4] GB/T50299《地下鐵道工程施工品質驗收標準》
- [5] GB50446《盾構法隧道施工及驗收規範》
- [6] CJJ/T164《盾構隧道管片品質檢測技術標準》
- [7] GB/T22082《預製混凝土襯砌管片》
- [8] GB/T5782《六角頭螺栓》
- [9] GB/T228.1《金屬材料拉伸試驗》
- [10] GB/T3098.1《緊固件機械性能螺栓螺釘和螺柱》
- [11] GB/T4956《磁性基體上非磁性覆蓋層厚度測量磁性法》
- [12] GB/T10125《人造氣氛腐蝕試驗鹽霧試驗檢測標準》
- [13] GB/T1771《色漆和清漆耐中性鹽霧性能的測定》
- [14] GB18173.4《高分子防水材料第 4 部分：盾構法隧道管片用橡膠密封墊》
- [15] GB50204《混凝土結構工程施工品質驗收規範》
- [16] GB50010《混凝土結構設計規範》
- [17] GB50108《地下工程防水技術規範》
- [18] 抗海水腐蝕混凝土應用技術導則，DB44/T 566
- [19] 混凝土結構耐久性設計規範，GB/T 50476