



澳門發展及質量研究所
Instituto para o Desenvolvimento e Qualidade, Macau
Institute for the Development and Quality, Macau

工程質量保證計劃及程序

焊接結構工程

工程質量保證計劃及程序

機電系統焊接結構工程

一、 通則及適用範圍

本節制定的目的是為規範機電系統焊接結構工程的質量控制工作，以保證工程的質量、確保結構的安全及可靠性，它適用於工程中有關焊接結構部份的施工監控及質量保證，包括原材料及成品的進場、焊接及緊固件連接、零部件加工、構件組裝、預拼裝及塗裝等工序。

各方面的基本要求均需要符合技術規格/承攬規則與相關標準、法規的要求。如設計單位沒有特別指明有關設計要求，建議可以國家或國際標準作為參考。

二、 工程質量保證文件之要求

機電系統焊接結構工程於各施工階段，承建單位需提交下列文件作審閱或記錄存檔：

施工前階段

- ✓ 澳門土地工務局相關專業註冊的指導工程師的責任聲明書；
- ✓ 所有技術文件需由澳門土地工務局相關專業註冊的指導工程師簽署；
- ✓ 結構工程的尺寸計算書、深化設計及大樣圖則：包括制作/加工及安裝部份；詳細標明材料規格、尺寸、連接/組裝細節、塗裝要求、檢測要求以及其唯一性標識等資料供設計單位及監理單位審閱（如適用）；
- ✓ 材料清單：包括工程中所使用的鋼材、焊接材料、緊固件的種類、規格、尺寸及數量等資料；
- ✓ 材料質量證明：材料清單上所有材料的質量證明書，內容包括原產地、規格、尺寸、數量、批號、機械性能、化學成分、檢測及校準結果等；
- ✓ 工程的總體施工方案，包括焊接、緊固件連接、熱浸鍍鋅、表面處理及塗裝；
- ✓ 各工序（包括焊接、緊固件連接、熱浸鍍鋅、表面處理、塗裝）的詳細檢測計劃；
- ✓ 鋼結構制作/加工廠：工廠介紹、質量手冊、組織架構、人員資質等（如適用）；
- ✓ 熱浸鍍鋅廠：工廠介紹、質量手冊、鍍鋅程序等（如適用）；
- ✓ 打砂及塗裝廠：工廠介紹、質量手冊、打砂程序、塗裝程序等（如適用）；
- ✓ 由合資格的由第三方焊接檢驗機構進行發出的焊接工藝評定記錄 WPQR、焊



接工藝規程 WPS 及焊工資格證書 WQ；

- ✓ 第三方實驗室及測試機構：機構介紹、人員資質、設備校準證書、檢測程序等；
- ✓ 檢測計劃、方案及檢測表格送審，送審內容包括但不限於：
 - 各專業及其子系統設備數量清單、自檢計劃安排、自檢內容及檢測表格、第三方測試單位資質及表格及抽檢數量及比例（如適用）

備註：

為了進一步保證質量，所提供測試報告的測試標準需為現行適用版本，且自報告簽發起計不多於 5 年。

工程施工階段

- ✓ 材料進場驗收記錄，需定期提交給監理單位及質量控制單位審閱；
- ✓ 結構及緊固件材質第三方測試報告；
- ✓ 構件外形尺寸控制記錄；
- ✓ 螺栓開孔及緊固記錄；
- ✓ 表面處理及塗裝記錄；
- ✓ 熱浸鍍鋅及塗層第三方檢測報告；
- ✓ 螺栓緊固第三方檢測報告；
- ✓ 錨固螺栓拉拔第三方檢測報告；
- ✓ 焊縫目視檢查第三方測試報告；
- ✓ 焊縫第三方非破壞性測試報告（如適用）；

竣工驗收階段

- ✓ 竣工圖；
- ✓ 隱蔽工程施工記錄；
- ✓ 熱浸鍍鋅及塗層第三方檢測報告；
- ✓ 螺栓緊固第三方檢測報告；
- ✓ 錨固螺栓拉拔第三方檢測報告；
- ✓ 焊縫目視檢查第三方測試報告；
- ✓ 焊縫第三方非破壞性測試報告（如適用）；

備註：

1. 監理單位及質量控制單位在審閱相關的測試及檢驗記錄後，如對其質量有懷疑或存在未能確定的情況下，可按實際情況要求承建單位進行第三方抽樣測試以保證質量符合要求。

三、 檢查、測試及驗收工作

焊接結構工程中，所有檢查工作需使用合適及具有效校準證書的檢查設備，並由承建單位的具資格專業人士進行，如需提交檢查記錄供審閱，則有關記錄需由相關範疇的專業工程師簽署確認（備註中指定由澳門工務部門認可的第三方檢驗單位進行除外），檢查工作可歸納於下表：

機電系統焊接結構工程檢查項目表						
檢查項目		檢查頻率	標準要求	備註		
材料控制檢查	材料外觀、規格和批號	鋼材	全數檢查	a, c, d	---	
		焊接材料	全數檢查	a, c, d	---	
		緊固件	全數檢查	a, c, d	---	
		塗料	全數檢查	a, c, d	---	
施工控制檢查	工廠考察（如適用）	鋼結構制作/加工廠	制作前	a, d	---	
		鍍鋅廠	制作前	a, d	---	
		塗裝廠	制作前	a, d	---	
	焊接	焊工資格 WQ	全數檢查	a, b, [2], [4], [39]	由第三方焊接檢驗機構進行	
		焊接工藝評定 WPQR 焊接工藝規程 WPS	全數檢查	a, b, [3], [4], [39]	由第三方焊接檢驗機構進行	
		焊前接頭準備	全數檢查	a, b	---	
		焊縫外觀質量	全數檢查	a, b	由第三方檢驗單位進行	
	螺孔開孔及螺栓連接緊固		全數檢查	全數檢查	提交記錄供審閱	
	安裝尺寸		全數檢查	a, b, c	提交記錄供審閱	

標準要求：

- a - 工程技術規格/承攬規則
- b - 建築鋼結構規章
- c - 成品供應商/生產商/加工廠商技術指引
- d - 設計要求

三、檢查、測試及驗收工作（續）

焊接結構工程中，所有檢查工作需使用合適及具有效校準證書的檢查設備，並由承建單位的具資格專業人士進行，如需提交檢查記錄供審閱，則有關記錄需由相關範疇的專業工程師簽署確認（備註中指定由澳門工務部門認可的第三方檢驗單位進行除外），測試及驗收工作可歸納於下表：

機電系統焊接結構工程測試及驗收項目					
測試項目		測試頻率	標準要求	合格準則	備註
原材料性能	結構件驗收測試 ¹	參考建築鋼結構規章第八十六條	a, b [2], [3]	i	由第三方檢驗單位進行
	緊固件驗收測試 ²	參考建築鋼結構規章第八十七條	a, b [4]	ii	由第三方檢驗單位進行
保護層	鋼結構表面處理 ³ (如適用)	---	a, b [5], [6], [7]	---	提交記錄供審閱
	鍍鋅層驗收測試 ⁴	參考建築鋼結構規章第九十條	a, b [8]	iii	由第三方檢驗單位進行
	塗層驗收測試 ⁵	參考建築鋼結構規章第八十九條	a, b [9], [10], [11], [12], [13]	iv	由第三方檢驗單位進行
連接工藝	目視檢查	全數測試	a, b	v	由第三方檢驗單位進行
	焊縫三方非破壞性測試 測試 ⁶ (如適用)	參考建築鋼結構規章第八十八條	a, b	v	由第三方檢驗單位進行
	螺栓緊固驗收測試 ⁷	μ	a, b [35]	vi	由第三方檢驗單位進行

備註：

標準要求：

- a - 工程技術規格/承攬規則
- b - 建築鋼結構規章
- c - 成品供應商/生產商/加工廠商技術指引
- d - 設計要求

測試及驗收項目：

- 1 - 包括抗拉試驗、化學分析及沖擊試驗等
- 2 - 包括抗拉試驗、載荷驗證等



- 3 - 包括鋼結構表面鏽蝕及清潔程度等級的比較
- 4 - 包括厚度測試等
- 5 - 包括乾膜厚度測試、塗層附著力測試等
- 6 - 包括磁粉測試、著色測試、超聲波測試及射線測試等
- 7 - 包括扭矩測試及抗拉拔測試等

建議檢測頻率：

- α 建議每一驗收區內抽取 5%（最小 3 根）螺栓進行測試

合格準則：

- i 考建築鋼結構規章第八十六條 [1]
- ii 參考建築鋼結構規章第八十七條 [1]
- iii 參考建築鋼結構規章第九十條 [1]
- iv 參考建築鋼結構規章第八十九條 [1]
- v 參考建築鋼結構規章第八十八條 [1]
- vi 當測試結果不能滿足相關技術規格要求時，建議於相同驗收區內再選取 5%（最小 3 根）螺栓進行測試，對於不能滿足要求之錨固螺栓，需提交補救措施及進行補救工作

四、 用法規/參考技術文件

- [1] 建築鋼結構規章，Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios，第 29/2001 號行政法規
- [2] ISO 9606, Qualification testing of welders
- [3] ISO 15614, Specification and qualification of welding procedures for metallic materials – welding procedure test
- [4] ASME IX, Welding and brazing qualifications
- [5] EN 10002, Metallic materials - Tensile testing
- [6] EN 10045, Metallic materials - Charpy impact test
- [7] ISO 898, Mechanical properties of fasteners
- [8] ISO 8501, Preparation of steel substrates before application of paints and related products -- Visual assessment of surface cleanliness
- [9] ISO 8503, Preparation of steel substrates before application of paints and related products -- Surface roughness characteristics of blast-cleaned steel substrates
- [10] ISO 8504, Preparation of steel substrates before application of paints and related products -- Surface preparation methods
- [11] ISO 1461, Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles -- Specifications and test methods
- [12] ISO 12944, Paints and varnishes -- Corrosion protection of steel structures by protective paint systems
- [13] ISO 2808, Paints and varnishes -- Determination of film thickness
- [14] ISO 19840, Paints and varnishes -- Corrosion protection of steel structures by protective paint systems -- Measurement of, and acceptance criteria for, the thickness of dry films on rough surfaces
- [15] ISO 4624, Paints and varnishes -- Pull-off test for adhesion
- [16] ISO 2409, Paints and varnishes -- Cross-cut test
- [17] EN 1011, Welding. Recommendations for welding of metallic materials

- [18] EN ISO 5817, Welding. Fusion-welded joints in steel, nickel, titanium and their alloys (beam welding excluded). Quality levels for imperfections
- [19] EN 12062, Non-destructive examination of welds - General rules for metallic materials
- [20] EN 970, Non-destructive examination of fusion welds - Visual examination
- [21] EN 1290, Non-destructive examination of welds - Magnetic particle examination of welds
- [22] EN 1291, Non-destructive examination of welds - Magnetic particle testing of welds - Acceptance levels
- [23] EN 571, Non-destructive testing - Penetrant testing - Part 1: General principles
- [24] EN 1289, Non-destructive examination of welds - Penetrant testing of welds - Acceptance levels
- [25] EN 1714, Non-destructive examination of welds - Ultrasonic examination of welded joints
- [26] EN 1712, Non-destructive examination of welds - Ultrasonic examination of welded joints - Acceptance levels
- [27] EN 1435, Non-destructive examination of welds - Radiographic examination of welded joints
- [28] EN 12517, Non-destructive testing of welds - Part 1: Evaluation of welded joints in steel, nickel, titanium and their alloys by radiography - Acceptance levels
- [29] AWS D1.1, Structural Welding Code – Steel
- [30] BS EN ISO 17637, Non-destructive testing of welds. Visual testing of fusion-welded joints
- [31] BS EN ISO 17638, Non-destructive testing of welds. Magnetic particle testing
- [32] BS EN ISO 3452-1, Non-destructive testing. Penetrant testing. General principles
- [33] BS EN ISO 17636-1, Non-destructive testing of welds. Radiographic testing. X- and gamma-ray techniques with film
- [34] BS EN ISO 23278:2015, Non-destructive testing of welds. Magnetic particle testing. Acceptance levels
- [35] BS EN ISO 23277, Non-destructive testing of welds. Penetrant testing. Acceptance levels
- [36] BS EN ISO 11666, Non-destructive testing of welds. Ultrasonic testing. Acceptance levels
- [37] BS EN ISO 10675-1, Non-destructive testing of welds. Acceptance levels for radiographic testing. Steel, nickel, titanium and their alloys
- [38] BS 5080-1, Structural fixings in concrete and masonry. Method of test for tensile loading
- [39] API 1104, Welding of pipeline and related facilities