

中华人民共和国行业标准

铁路混凝土强度检验评定标准

Standard for Check and Accept
Concrete Strength of Railway

TB 10425—94

主编单位:铁道部第三工程局
批准部门:中华人民共和国铁道部

1994 北 京

(京)新登字063号

中华人民共和国行业标准
铁路混凝土强度检验评定标准

TB 10425-94

*

中国铁道出版社出版发行
(北京市东单三条14号)
各地新华书店经售
中国铁道出版社印刷厂印刷

开本:850×1168毫米 1/32 印张: 1 字数:24千

1994年11月 第1版 第1次印刷

印数: 1 5000册

ISBN7-113 01660-X/TU·357 定价: 1.00 元

关于发布《铁路混凝土强度检验 评定标准》的通知

铁建函[1994]76号

《铁路混凝土强度检验评定标准》(TB 10425—94)经审查批准,现予发布,自1994年4月1日起施行。

本标准施行后,现行部标《铁路混凝土及砌石工程施工规范》(TBJ 210—86)以及引用它的有关施工规范和工程质量评定验收标准,凡是涉及混凝土强度检验评定和混凝土施工配制强度选择的有关条文自行废止。对仍按混凝土标号设计的工程应先将混凝土标号按本标准换算为混凝土强度等级,并以其相应的抗压强度标准值按本标准进行混凝土强度的检验、评定。施工时的混凝土配制强度,也应作相应的换算。

本标准由部建设司负责解释。本标准的印发由建设司标准科情所负责组织。

铁 道 部

一九九四年二月二十三日

目 次

1	总则	1
2	一般规定	2
3	混凝土取样,试件制作、养护和试验	3
4	混凝土强度的检验评定	5
4.1	标准差已知方法检验	5
4.2	标准差未知方法检验	6
4.3	小样本方法检验	7
4.4	混凝土强度的合格性评定	8
附录 A	混凝土标号与混凝土强度等级的换算关系	9
附录 B	混凝土生产质量水平	10
附录 C	混凝土施工配制强度	12
附录 D	本标准用词说明	13
附加说明	14
	《铁路混凝土强度检验评定标准》条文说明	15
	混凝土强度检验评定示例	25

1 总 则

1.0.1 为了统一铁路工程混凝土强度的检验评定方法,确保混凝土强度的质量,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于铁路工程混凝土抗压强度的检验评定。对于有特殊要求的混凝土,除应符合本标准外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

铁路工业与民用建筑混凝土应按现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》有关规定执行。

1.0.3 凡按混凝土标号进行设计,按本标准进行混凝土强度检验评定时,应按本标准附录 A 的规定,将设计采用的混凝土标号换算为相应的混凝土强度等级。施工时的配制强度也应作相应的换算。

2 一般规定

2.0.1 混凝土的强度等级应按立方体试件抗压强度标准值划分。混凝土的强度等级采用符号 C 与立方体试件抗压强度标准值(以 N/mm^2 计)表示。

2.0.2 混凝土立方体试件抗压强度标准值系指按标准方法制作和养护的边长为 150mm 的立方体标准试件,在 28d 龄期,用标准试验方法测得的抗压强度总体分布中的一个值,强度低于该值的百分率不得超过 5%(即混凝土强度的标准值为强度总体分布的平均值减去 1.645 倍标准差)。

2.0.3 混凝土强度应分批进行检验评定。一个验收批的混凝土应由强度等级和龄期相同以及生产工艺和配合比基本相同的混凝土组成。对施工现场的现浇混凝土,还应按有关铁路工程质量评定验收标准的要求划分验收批。

2.0.4 预制混凝土构件厂和现场集中搅拌混凝土的施工单位,应按本标准规定的标准差已知或标准差未知方法检验评定混凝土强度。对于除桥跨结构以外的零小工程混凝土,可按本标准规定的小样本方法检验评定其强度。

2.0.5 预制混凝土构件厂和现场集中搅拌混凝土的施工单位,应定期对混凝土强度进行统计分析,控制混凝土质量。混凝土生产质量水平可按本标准附录 B 的要求确定。

2.0.6 混凝土施工前,应根据原材料、生产工艺、生产质量水平、施工现场等具体情况,参照本标准附录 C 的规定,选择适当的混凝土施工配制强度。

3 混凝土取样、试件制作、 养护和试验

3.0.1 混凝土应在浇筑地点随机抽取试样,取样频率应符合下列要求:

3.0.1.1 每拌制同配合比的混凝土 100 盘,且不超过 100m^3 时,取样不得少于一组。

3.0.1.2 每一工作班拌制的同配合比混凝土不足 100 盘时,取样亦不得少于一组。

3.0.1.3 商品混凝土除在出厂前应按上述规定取样检验,并向使用单位提供产品质量合格证书外,运到浇筑地点后,使用单位仍应按上述规定抽样检验评定。

3.0.2 每组三块试件应同时从浇筑地点的混凝土中随机取样制作,其强度代表值应符合下列规定:

3.0.2.1 取三块试件强度的算术平均值作为每组试件的强度代表值,精确至 0.1N/mm^2 。

3.0.2.2 当一组试件中强度的最大值或最小值与中间值之差超过中间值的 15% 时,取中间值作为该组试件的强度代表值。

3.0.2.3 当一组试件中强度的最大值和最小值与中间值之差均超过中间值的 15% 时,该组试件的强度值不应作为评定的依据。

3.0.3 当采用非标准尺寸的试件时,应将其抗压强度折算为标准试件的抗压强度。折算系数应按下列规定取用:

3.0.3.1 边长为 100mm 的立方体试件取 0.95。

3.0.3.2 边长为 200mm 的立方体试件取 1.05。

3.0.4 每个检验批混凝土应制作的试件总组数,除根据本标准 4 章规定的评定混凝土强度所必需的组数外,还应考虑结构或构件在施工阶段检验混凝土强度所必需的试件组数。

3.0.5 检验评定混凝土强度用的混凝土试件,其标准成型方法、标准养护条件及强度试验方法均应符合现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法》的规定。

3.0.6 当检验结构或构件在拆模、出池、预应力筋张拉或放张、出厂、吊装以及施工期间需短暂负荷的混凝土强度时,其试件应采用与结构或构件相同的成型方法和养护条件制作。

4 混凝土强度的检验评定

4.1 标准差已知方法检验

4.1.1 当混凝土的原材料、生产工艺及施工管理水平在较长时间内容能保持一致,且同一品种混凝土的强度变异性又能保持稳定时,宜采用标准差已知方法检验混凝土强度。此时应取连续 4 组试件组成一个验收批,其强度应同时满足下列要求($f_{1cu,min}$ 应取两式中的较大值):

$$m_{1fcu} \geq f_{cu,k} + 0.8\sigma_0 \quad (4.1.1-1)$$

$$f_{1cu,min} \geq f_{cu,k} - 0.85\sigma_0 \quad (4.1.1-2)$$

$$f_{1cu,min} \geq 0.85f_{cu,k} \quad (4.1.1-3)$$

式中 m_{1fcu} ——同一验收批 4 组混凝土试件的抗压强度平均值 (N/mm^2);

$f_{cu,k}$ ——混凝土立方体试件抗压强度标准值 (N/mm^2);

σ_0 ——前一个检验期内同一品种混凝土试件的抗压强度标准差 (N/mm^2),可按本标准(4.1.2)式计算;

$f_{1cu,min}$ ——同一验收批 4 组混凝土试件抗压强度中的最小值 (N/mm^2)。

4.1.2 前一个检验期(检验期限不应超过三个月,且在该期间内的验收批总数不应少于 12 批,或试件总组数不应少于 48 组)内的同一品种混凝土试件的抗压强度标准差 σ_0 ,可按下式计算:

$$\sigma_0 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{0cu,i}^2 - nm_{0fcu}^2}{n-1}} \quad (4.1.2)$$

式中 $f_{0cu,i}$ ——前一个检验期第 i 组混凝土试件的抗压强度 (N/mm^2);

n ——前一个检验期混凝土试件的组数;

m_{0fcu} ——前一个检验期 n 组混凝土试件抗压强度的平均值 (N/mm^2)。

4.2 标准差未知方法检验

4.2.1 当混凝土的原材料、生产工艺及施工管理水平在较长时间不能保持一致,且同一品种混凝土的强度变异性又不能保持稳定时;或在前一个检验期内的同类混凝土上没有足够数据能确定验收批混凝土试件的抗压强度标准差时,应采用标准差未知方法检验混凝土强度。此时应由 5 组或 5 组以上的试件组成一个验收批,其强度应同时满足下列要求:

$$m_{2fcu} \geq f_{cu,k} + 0.95s_{fcu} \quad (4.2.1-1)$$

$$f_{2cu,min} \geq f_{cu,k} - A \cdot B \quad (4.2.1-2)$$

式中 m_{2fcu} ——同一验收批 5 组或 5 组以上混凝土试件的抗压强度平均值 (N/mm^2);

s_{fcu} ——同一验收批 5 组或 5 组以上混凝土试件的抗压强度标准差 (N/mm^2),可按本标准 (4.2.2) 式计算;

$f_{2cu,min}$ ——同一验收批 5 组或 5 组以上混凝土试件抗压强度中的最小值 (N/mm^2);

A 、 B ——混凝土强度检验系数,可分别按表 4.2.1—1 及表 4.2.1—2 取用。

混凝土强度检验系数 A 值

表 4.2.1—1

试件组数 n	5~9	10~19	≥ 20
A	0.85	1.10	1.20

混凝土强度检验系数 B 值

表 4.2.1—2

混凝土强度等级	$< \text{C}20$	$\text{C}20 \sim \text{C}40$	$> \text{C}40$
$B(\text{N/mm}^2)$	3.5	4.5	5.5

凡按混凝土标号进行设计,按本标准换算为强度等级后,其强度检验评定尚应满足下列公式要求:

$$\text{对于 C8 及 C13} \quad f_{2\text{cu},\min} \geq 0.9f_{\text{cu},k} \quad (4.2.1-3)$$

$$\text{对于 C18 及 C23} \quad f_{2\text{cu},\min} \geq 0.85f_{\text{cu},k} \quad (4.2.1-4)$$

4.2.2 混凝土试件抗压强度的标准差 s_{fcu} 可按下列公式计算:

$$s_{\text{fcu}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{\text{cu},i}^2 - nm_{2\text{fcu}}^2}{n-1}} \quad (4.2.2)$$

式中 $f_{\text{cu},i}$ ——同一验收批第 i 组混凝土试件的抗压强度 (N/mm^2);

$m_{2\text{fcu}}$ ——同一验收批 5 组或 5 组以上混凝土试件的抗压强度平均值 (N/mm^2);

n ——同一验收批混凝土试件的组数, $n \geq 5$ 组。

4.3 小样本方法检验

4.3.1 采用小样本方法检验混凝土强度时,应由 2~4 组试件组成一个验收批,其强度应同时满足下列要求:

$$m_{3\text{fcu}} \geq f_{\text{cu},k} + C \quad (4.3.1-1)$$

$$f_{3\text{cu},\min} \geq f_{\text{cu},k} - D \quad (4.3.1-2)$$

式中 $m_{3\text{fcu}}$ ——同一验收批 2~4 组混凝土试件的抗压强度平均值 (N/mm^2);

$f_{3\text{cu},\min}$ ——同一验收批 2~4 组混凝土试件抗压强度中的最小值 (N/mm^2);

C 、 D ——混凝土强度检验系数,可按表 4.3.1 取用。

混凝土强度检验系数 C 、 D 值

表 4.3.1

混凝土强度等级	<C20	C20~C40	>C40
$C(\text{N}/\text{mm}^2)$	3.6	4.7	5.8
$D(\text{N}/\text{mm}^2)$	2.4	3.1	3.9

凡按混凝土标号进行设计,按本标准换算为强度等级后,其强度检验评定尚应满足下列公式要求:

$$\text{对于 C8 及 C13} \quad f_{2cu, \min} \geq 0.9 f_{cu, k} \quad (4.2.1-3)$$

$$\text{对于 C18 及 C23} \quad f_{2cu, \min} \geq 0.85 f_{cu, k} \quad (4.2.1-4)$$

4.2.2 混凝土试件抗压强度的标准差 s_{fcu} 可按下列公式计算:

$$s_{fcu} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{cu, i}^2 - n m_{2fcu}^2}{n-1}} \quad (4.2.2)$$

式中 $f_{cu, i}$ ——同一验收批第 i 组混凝土试件的抗压强度 (N/mm²);

m_{2fcu} ——同一验收批 5 组或 5 组以上混凝土试件的抗压强度平均值 (N/mm²);

n ——同一验收批混凝土试件的组数, $n \geq 5$ 组。

4.3 小样本方法检验

4.3.1 采用小样本方法检验混凝土强度时,应由 2~4 组试件组成一个验收批,其强度应同时满足下列要求:

$$m_{3fcu} \geq f_{cu, k} + C \quad (4.3.1-1)$$

$$f_{3cu, \min} \geq f_{cu, k} - D \quad (4.3.1-2)$$

式中 m_{3fcu} ——同一验收批 2~4 组混凝土试件的抗压强度平均值 (N/mm²);

$f_{3cu, \min}$ ——同一验收批 2~4 组混凝土试件抗压强度中的最小值 (N/mm²);

C, D ——混凝土强度检验系数,可按表 4.3.1 取用。

混凝土强度检验系数 C, D 值

表 4.3.1

混凝土强度等级	<C20	C20~C40	>C40
C (N/mm ²)	3.6	4.7	5.8
D (N/mm ²)	2.4	3.1	3.9

附录 A 混凝土标号与混凝土强度等级的换算关系

A. 0. 1 混凝土标号可按表 A 规定换算为混凝土强度等级。

混凝土标号与强度等级的换算

表 A

混凝土标号	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
混凝土换算强度等级	C8	C13	C18	C23	C28	C33	C38	C43	C48	C53	C58

A. 0. 2 凡按混凝土标号进行设计,按本标准进行混凝土强度检验评定时,应先将设计确定的混凝土标号按表 A 换算为混凝土强度等级,并以其相应的混凝土立方体试件的抗压强度标准值 $f_{cu,k}$ (N/mm^2),按本标准 4 章的规定进行混凝土强度的检验评定。混凝土的配制强度也应换算为强度等级后,再按本标准附录 C 的要求确定。

附录 B 混凝土生产质量水平

B.0.1 混凝土的生产质量水平,可根据已选定的统计周期内的混凝土强度标准差和试件强度不低于规定强度等级的百分率,按表 B 划分。

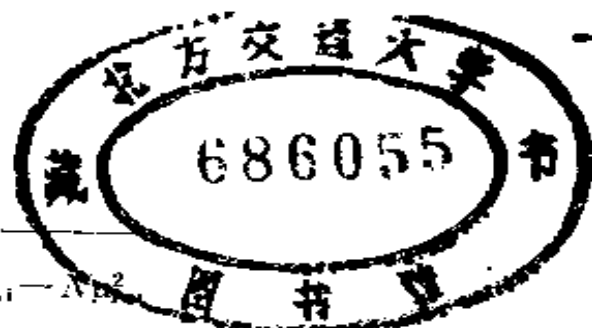
混凝土生产质量水平

表 B

生产质量水平 混凝土强度等级 生产单位		一类			二类			三类		
		<C20	C20~C40	>C40	<C20	C20~C40	>C40	<C20	C20~C40	>C40
混凝土强度标准差 σ (N/mm ²)	预制混凝土构件	≤2.5	≤3.0	≤3.5	≤3.0	≤4.0	≤5.0	>3.0	>4.0	>5.0
	现场集中搅拌混凝土的施工单位	≤3.0	≤3.5	≤4.0	≤3.5	≤4.5	≤5.5	>3.5	>4.5	>5.5
强度不低于规定等级的百分率 $P(\%)$	预制混凝土构件和现场集中搅拌混凝土的施工单位	≥95			≥85			≤85		

预制混凝土构件厂的统计周期可取 1~3 个月,现场集中搅拌混凝土施工单位的统计周期,可根据实际情况确定,但不宜超过 3 个月。

B.0.2 统计周期内的混凝土强度标准差和不低于规定强度等级的百分率可按下列公式计算:



$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N f_{cu,i}^2 - N \mu_{\text{cu}}^2}{N-1}} \quad (\text{B. 0. 2—1})$$

$$P = \frac{N_0}{N} \times 100\% \quad (\text{B. 0. 2—2})$$

式中 σ ——统计周期内混凝土试件的抗压强度标准差
(N/mm^2);

$f_{\text{cu},i}$ ——统计周期内第 i 组混凝土试件的抗压强度值
(N/mm^2);

N ——统计周期内相同强度等级的混凝土试件的组数,
 $N \geq 30$;

μ_{cu} ——统计周期内 N 组混凝土试件抗压强度的平均值
(N/mm^2);

P ——统计周期内强度不低于规定强度等级的百分率;

N_0 ——统计周期内混凝土试件抗压强度不低于规定强度等级的组数。

附录 C 混凝土施工配制强度

C.0.1 混凝土施工配制强度 $f_{cu,0}$ (N/mm²) 可按下列公式计算:

$$f_{cu,0} \geq f_{cu,k} + 1.645\sigma \quad (C.0.1)$$

式中 $f_{cu,k}$ ——混凝土立方体试件抗压强度标准值(N/mm²);

σ ——反映本单位施工管理水平的标准差(N/mm²), 可按本标准附录 B 公式(B.0.2-1)计算。

注:①当混凝土强度等级大于及等于 C15, 且小于及等于 C25 时, 如计算所得的混凝土强度标准差小于 2.5N/mm², 可取 2.5N/mm²;

②当混凝土强度等级大于 C25 时, 如计算所得的混凝土强度标准差小于 3.0N/mm² 时, 可取 3.0N/mm²;

③对于零小工程, 其施工配制强度所采用的标准差值, 不宜小于本标准附录 B 表 B 中现场集中搅拌混凝土的施工单位二类水平。

C.0.2 当本单位无近期混凝土强度统计资料时, 可根据实际情况, 参考本标准附录 B 表 B 估计标准差, 然后按本附录公式(C.0.1)或表 C 确定施工配制强度。

混凝土施工配制强度 $f_{cu,0}$ (N/mm²)

表 C

强度标准差 混凝土强度等级 σ	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0
C10	13.3	14.1	14.9	16.6	18.2	19.9
C15	19.1	19.1	19.9	21.6	23.2	24.9
C20	24.1	24.1	24.9	26.6	28.2	29.9
C25	29.1	29.1	29.9	31.6	33.2	34.9
C30	34.9	34.9	34.9	36.6	38.2	39.9
C35	39.9	39.9	39.9	41.6	43.2	44.9
C40	44.9	44.9	44.9	46.6	48.2	49.9
C45	49.9	49.9	49.9	51.6	53.2	54.9
C50	54.9	54.9	54.9	56.6	58.2	59.9
C55	59.9	59.9	59.9	61.6	63.2	64.9
C60	64.9	64.9	64.9	66.6	68.2	69.9

附录 D 本标准用词说明

执行本标准条文时,对于要求严格程度的用词说明如下,以便在执行中区别对待:

D. 0. 1 表示很严格,非这样作不可的用词:

正面词采用“必须”;

反面词采用“严禁”。

D. 0. 2 表示严格,在正常情况下均应这样作的用词:

正面词采用“应”;

反面词采用“不应”或“不得”。

D. 0. 3 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样作的用词:

正面词采用“宜”或“可”;

反面词采用“不宜”。

附加说明

本标准主编单位、参加单位和 主要起草人名单

主编单位:铁道部第三工程局

参加单位:铁道部科学研究院

铁道部丰台桥梁厂

主要起草人:张富生 杨永珍 胡国钰

在执行本标准过程中,如发现需要修改和补充之处,请将意见及有关资料寄交铁道部第三工程局(太原市迎泽大街 61 号,邮政编码 030001),并抄送铁道部建设司标准科情所(北京市朝阳门外大街 227 号,邮政编码 100020),供今后修订时参考。

《铁路混凝土强度检验评定标准》

条文说明

本条文说明系对重点条文的编制依据、存在的问题以及在执行中应注意的事项等予以说明。为了减少篇幅,只列条文号,未抄录原条文。

1.0.1~1.0.3 混凝土结构设计方法已由定值法向概率法发展,这也要求混凝土强度采用概率统计方法进行检验评定。在铁路工程建设中,混凝土使用面广量大,其质量的优劣直接影响到工程结构的可靠性。

为了与将要施行的按可靠性理论编制的设计规范相配套,并与现行的国家标准《混凝土强度检验评定标准》(GBJ107—87)相靠拢,按照铁路混凝土施工的特点,编制了本标准。

本标准施行后,现行的《铁路混凝土及砌石工程施工规范》(TBJ210—86)中有关选择混凝土施工配制强度和检验评定混凝土强度的条文,应按说明表 1.0.3 进行代换。

标准条文的代换

说明表 1.0.3

TBJ210—86 有关条文	本标准的相应条文
第 5.1.1 条	C.0.1 条, C.0.2 条
第 5.11.2 条	3.0.2 条
第 5.11.3 条	2.0.2 条, 3.0.3 条
第 5.11.4 条	2.0.3 条, 3.0.1 条
第 5.11.5 条	3.0.6 条
第 5.11.6 条	4.1.1 条, 4.2.1 条, 4.3.1 条, 4.4.1 条
第 5.11.7 条	4.4.2 条, 4.4.3 条

本标准发布施行后,将与按标号进行编制的《铁路线路设计规范》(GBJ90—85)、《铁路路基设计规范》(TBJ1—85)、《铁路桥涵设计规范》(TBJ2—85)、《铁路隧道设计规范》(TBJ3—85)在近期内

并存。

在此过渡时期内,可按本标准附录 A 的规定,将设计采用的标号换算为相应的混凝土强度等级,然后进行施工配制强度的确定以及混凝土强度的检验评定。

2.0.1、2.0.2 本标准对混凝土的强度定义和强度分级作了重大修改。具体来说,与《铁路混凝土及砌石工程施工规范》(TBJ210—86)的主要差别为:

1. 混凝土的标准试件由边长为 200mm 的立方体改为边长为 150mm 立方体。

2. 用“强度等级”取代“标号”。

3. 铁路混凝土标号的定义,过去一直没有明确的统计概念。根据有关标准规定,本标准对混凝土强度等级的强度标准值,定义为强度总体分布的平均值减去 1.645 倍标准差(保证率为 95%)。

混凝土强度等级采用符号 C 与立方体试件抗压强度标准值(以 N/mm^2 计)表示。如混凝土立方体试件抗压强度标准值 $f_{cu,k} = 20\text{N/mm}^2$ 时,其强度等级表示为 C20。考虑到标准试件尺寸和强度等级的统计定义已作了修改,原设计规范采用的混凝土标号如用换算的混凝土强度等级表示,可按本标准附录 A 中表 A 近似取用。

2.0.3 混凝土强度的分布规律及其参数,不但与统计对象的生产周期和生产工艺有关,且与混凝土配制强度和试验龄期有关。大量的统计分析和试验研究表明:同一等级的混凝土,在龄期、生产工艺和配合比基本相同的条件下,其强度分布可按正态分布来描述。因此,本条规定混凝土的验收批应由强度等级和龄期相同,以及生产工艺和配合比基本相同的混凝土组成,使评定的批量混凝土强度能基本符合正态分布。这样,用随机抽样得到的样本信息来估计整批混凝土的质量,才比较可靠。一般来讲,一个验收批的批量不宜过大,否则,一旦检验不合格,需要处理的混凝土量太大,造成不必要的经济损失;但批量过小,也会增大检验工作量。所以,还应结合本单位的具体条件来确定。

2.0.4 考虑到目前铁路混凝土施工的实际情况,本条根据抽样统计理论,分别规定了标准差已知、标准差未知及小样本三种检验评定方法,供施工单位根据实际条件选用。

但应指出,应用标准差已知方法检验评定混凝土强度时,必须保持混凝土强度的变异性能稳定,每批的强度标准差 σ_0 可按常数考虑,其数值可根据前一阶段生产累计的强度资料加以确定。如预期为常数的总体标准差在实际生产中不能保持稳定,实际标准差又过份偏大时,如仍用标准差已知方法,就会有较大的漏判;反之,如实际标准差过份偏小,会有较大的错判。

当抽检试件数量较少,应用小样本方法时,其检验效率较差,错判概率、漏判概率均有较大的可能。因此规定仅适用于除桥跨结构以外的零小工程混凝土。在条件容许的情况下,宜采用标准差未知方法,虽然会增加些试验工作量,但相应的错判或漏判概率都较小。

2.0.5 为确保混凝土生产质量,混凝土生产单位应定期统计混凝土强度的变异情况,对混凝土质量适时进行控制。附录 B 给出的混凝土生产质量水平的划分指标,是依据铁路混凝土强度统计资料并参考有关资料确定的。附录 B 仅作为考核混凝土生产单位在一个统计周期内的混凝土生产质量水平(包括质量管理水平),以及试验室操作水平之用。

2.0.6 对于混凝土施工配制强度的确定,除了强度等级的合格评定以及耐久性的要求外,还应考虑其他社会及经济上的因素。在选择混凝土施工配制强度的标准差时,应选用对本单位有代表性的数值。若标准差估计得不准确,如偏小,将会造成在检验评定混凝土强度时出现过多的不合格批,会降低结构的可靠性;如偏大,将会造成水泥浪费。

3.0.1 对混凝土强度进行合格评定时,保证混凝土取样的随机性,是使所抽取的试样具有代表性的非常重要的条件。考虑到搅拌机内的混凝土拌合物,经运输到达浇筑地点后,由于混凝土的质量还与运输可能造成的离析等因素有关,因此规定应在浇筑地点抽

取试样。

应用本标准规定的检验评定方法对混凝土强度进行检验评定时,取样频率是保证预期检验效率的重要因素,为此规定了取样的频率。由于取样频率与搅拌机的搅拌盘(罐)数和混凝土总量有关,也与工作班的划分有关,因此分别作了规定。这对不同规模的生产单位或施工现场,都有较好的适应性。

对于预拌混凝土工厂,混凝土就是其产品,在出厂前应按规定进行取样试验,并向使用单位提供产品质量合格证书。考虑到混凝土在运输过程中会出现离析,或运输时间过长,或在二次搅拌中可能会增加用水量等因素,都会造成混凝土强度的波动,所以规定混凝土使用单位还应在浇筑地点对商品混凝土取样检验评定。

3.0.2 本标准考虑到当前的实际条件和习惯,规定每组混凝土试件由三块组成。由于存在试验误差,所以一组三块试件的强度也会不同。试验误差可用盘内变异系数来衡量。有关试验研究表明:盘内变异系数一般在5%左右。本条规定,当组内三块试件强度的最大值或最小值与中间值之差,超过中间值的15%,亦即超过三倍的盘内变异系数时,同时舍弃最大值和最小值,只取中间值作为该组试件强度的代表值。这种规定,与取该组混凝土强度平均值的检验效果基本相当,但应用方便。

3.0.4 每批混凝土应制作的试件数量,应满足混凝土强度评定的需要。评定混凝土强度所需的试件组数,应依据选用的评定方法确定,并在事先作出安排。如在条件容许的情况下,宜多制作试件组数。因随着试件组数的增加,不管采用何种检验方法,其错判概率(α)及漏判概率(β)都将减小,施工(生产)单位和使用单位都能受益。

3.0.5 混凝土试件的成型和养护方法,应考虑其代表性。所以评定混凝土强度的试件,应采用标准方法成型,然后置于标准养护条件下养护,直至规定的龄期。对于采用蒸汽养护的构件,考虑到混凝土经蒸汽养护后,对其后期强度增长存在不利的影响,因此规定在评定蒸汽养护构件的混凝土强度时,其试件应先随构件同条件养护,

然后再置入标准养护室继续养护,两段养护时间的总和应等于规定龄期。

3.0.6 用以检查混凝土在施工过程中强度的试件,其成型和养护条件应与结构或构件相同,它的强度只能作为评定结构或构件能否继续施工的依据,不能作为评定混凝土强度之用。

4.1.1、4.1.2 当生产同一品种的混凝土时,有可能通过质量管理,在较长时期内维持基本相同的生产条件,亦即维持原材料、设备、工艺以及人员的稳定,即使有所变化,也能很快予以调整而恢复正常。符合以上情况时,可采用标准差已知的方法检验。因为在这类生产状况下,能使每批混凝土强度的变异性基本稳定,每批混凝土的强度标准差 σ_0 可按常数考虑,而且其数值可以根据前一个检验期生产累计的强度数据加以确定。即认为近期的生产管理水平,仍将能继续保持。

标准差已知检验方法的 σ_0 ,可由近期同类混凝土在生产周期不超过三个月,且不少于 12 批的强度数据计算确定,并假定其值在三个月的检验期限内保持不变。三个月后,重新按前一个检验期限的强度数据计算 σ_0 值。

标准差已知方法合格评定条件是根据下述原则确定的:规定合格质量水平(AQL)的总体均值 $\mu_{fcu} = f_{cu,k} + 1.645\sigma$,又规定设计能接受的最低质量水平,即极限质量水平(LQ)的总体均值 $\mu_{lfcu} = f_{cu,k} + 1.645\sigma - 1.645\sigma_0$,其中 σ_0 为中等质量管理水平的标准差。

当采用该方法进行评定时,能保证合格质量水平混凝土上的评定合格概率为 93.8%,即“生产方风险” α 为 6.2%(即错判概率为 6.2%)。对中等质量管理水平的单位,当质量下降到极限质量水平时,经检验评定的合格概率约 5%,即能保持“用户方风险” β 为 5%左右(即漏判概率约 5%)。

但需指出的是,在实际生产中,如预期为常数的总体标准差不能保持稳定时,则实际标准差过份偏大而仍用预期为常数的标准差来验收,就会有较大的漏判,即降低了质量控制标准,形式上通过而实际结构物的安全失控;反之,如实际标准差过份偏小,会有

较大的错判,即不必要地加严了质量控制标准,造成水泥的浪费。如在实际生产中预期为常数的混凝土总体标准差为 3.5MPa,但实际生产的混凝土总体标准差为 4.5MPa,那么漏判概率将由 5.0% 上升为 9.1%;反之如预期的标准差为 5.5MPa,而实际的标准差仍为 4.5MPa 时,则错判概率将由 6.2% 上升为 9.6%。

4.2.1、4.2.2 当生产连续性较差,即在生产中无法维持基本相同的生产条件,或生产期较短,无法积累强度数据以计算可靠的标准差参数时,则标准差只能直接根据每一验收批抽样的强度值确定。此时,应采用标准差未知方法对混凝土进行评定。为扩大适用范围,其最低样本容量定为 $n=5$ 。但随着 n 的增大,能带来抽检特性的改善,使生产方和使用方均受益。

标准差未知方法能适用于高、中、低不同强度等级,以及一类、二类、三类不同管理水平混凝土的检验评定,其合格评定确定的原则,与标准差已知方法相同。采用标准差未知方法对混凝土进行合格评定时,生产方风险 α 和用户方风险 β 见说明表 4.2.1。

标准差未知方法 α 、 β 值 说明表 4.2.1

σ (N/mm ²)	n	C15		C30		C60	
		α	β	α	β	α	β
3.5	5	0.098	0.046	0.087	0.051	0.095	0.053
	10	0.051	0.006	0.037	0.009	0.031	0.009
	20	0.043	0.000	0.017	0.000	0.007	0.000
4.5	5	0.090	0.051	0.093	0.057	0.092	0.052
	9	0.111	0.011	0.071	0.053	0.057	0.011
	10	0.076	0.008	0.052	0.006	0.036	0.008
	19	0.110	0.000	0.055	0.001	0.027	0.001
	20	0.100	0.000	0.049	0.000	0.021	0.000
	25	0.112	0.000	0.053	0.000	0.023	0.000
5.5	5	0.111	0.053	0.098	0.053	0.092	0.051
	10	0.102	0.007	0.068	0.006	0.049	0.007
	20	0.146	0.000	0.086	0.000	0.046	0.000

4.3.1 考虑到当前铁路混凝土还存在零星生产状况,其试件数量有限,不具备按标准差已知或标准差未知方法评定混凝土强度的条件,因此,又规定了小样本方法。但应指出,因抽取的试件组数较少,小样本统计方法的检验效果较差,它存在管理水平愈好,错判概率 α 愈大,生产方损失愈大的不合理现象。因此在条件允许的情况下,宜多抽取试件或采用标准差未知方法对混凝土强度进行评定。

当采用小样本统计方法对混凝土进行合格评定,其生产管理水平为一般中等质量水平时,其生产方风险 α 、用户方风险 β 见说明表 4.3.1。

小样本方法 α 、 β 值

说明表 4.3.1

σ (N/mm ²)	n	C15		C30		C60	
		α	β	α	β	α	β
3.5	2	0.198	0.070				
	3	0.172	0.038				
	4	0.141	0.020				
4.5	2			0.196	0.061		
	3			0.157	0.033		
	4			0.129	0.018		
5.5	2					0.193	0.069
	3					0.164	0.034
	4					0.133	0.016

A.0.1、A.0.2 凡按混凝土标号进行设计,在施工中按本标准进行混凝土强度检验评定时,应先将设计确定的混凝土标号按表 A 换算为混凝土强度等级。混凝土强度等级与混凝土标号之间的换算关系推导如下:

(1) 《铁路混凝土及砌石工程施工规范》(TBJ210—86)及以往的有关规范,对混凝土标号一直没有明确的统计概念。这次编制本标准时,根据对原验收条文的分析及铁路混凝土实际施工管理

水平等情况,把混凝土标号定义为 $R^b = \mu - \sigma$ (即强度总体分布的平均值减去一倍标准差,保证率约为 85%)。

(2) 由标号定义及混凝土的强度变异系数 δ ,可求出各标号混凝土的平均强度如下:

$$\mu_{R20} = \frac{R_{20}^b}{1-\delta} (\text{kgf/cm}^2)$$

式中 μ_{R20} ——边长 20cm 立方体试件混凝土强度平均值;

R_{20}^b ——混凝土标号;

δ ——混凝土强度变异系数。

(3) 由边长 20cm 立方体试件的混凝土强度平均值,换算成边长为 15cm 立方体试件的混凝土强度平均值,并以法定计量单位表示。

$$\mu_{fcu} = \mu_{R20} \div 0.95 \times 0.0981 (\text{N/mm}^2)$$

式中 μ_{fcu} ——边长 15cm 立方体试件混凝土强度平均值。

(4) 由混凝土强度等级定义,求出与混凝土标号相对应的立方体抗压强度标准值:

$$f_{cu,k} = \mu_{fcu} (1 - 1.645\delta)$$

$$f_{cu,k} = \frac{R_{20}^b \times 0.0981}{0.95} \cdot \frac{1 - 1.645\delta}{1 - \delta} (\text{N/mm}^2)$$

R_{20}^b 与 $f_{cu,k}$ 的关系见说明表 A。

R_{20}^b 与 $f_{cu,k}$ 的关系

说明表 A

R_{20}^b (kgf/cm ²)	δ	$\frac{R_{20}^b \times 0.0981}{0.95}$ (N/mm ²)	$\frac{1 - 1.645\delta}{1 - \delta}$	$f_{cu,k}$ (N/mm ²)
150	0.21	15.4895	0.83	12.86
200	0.18	20.6526	0.86	17.76
250	0.16	25.8158	0.88	22.72
300	0.14	30.9789	0.90	27.88
350	0.13	36.1421	0.90	32.53
400	0.12	41.3053	0.91	37.59
450	0.11	46.4684	0.92	42.75
500	0.10	51.6316	0.93	48.02
550	0.09	56.7947	0.94	53.39
600	0.09	61.9579	0.94	58.24

注:表中 δ 值为实际统计的全路混凝土强度变异系数。

由说明表 A 可见,相同质量的一批混凝土,其设计标号与强

度等级按法定计量单位换算时,两者的关系近似为:

$$f_{cu,k} = R_{20} \times 0.1 - 2 (\text{N/mm}^2)$$

因此标号与强度等级的对应关系正如本标准附录 A 表 A 所示。

B. 0.1 在全路混凝土强度的调查统计过程中,我们将强度等级和龄期相同,且配合比、生产条件基本相同的混凝土试件,按月、季或构件部位进行了统计分析。总的情况是:混凝土标准差小于或等于 4.5MPa 的批数约为总批数的 78.6%;标准差大于 4.5MPa,同时小于或等于 5.5MPa 的批数约为 12.4%;标准差大于 5.5MPa 的批数约为 9.0%。综合以上情况,并参考国内有关资料,将全路混凝土生产质量水平划分为三种不同类别,列入表 B 中。其中质量水平属一类者,为有完善的质量管理体系,对混凝土生产的全过程能实行有效的质量控制;质量水平属二类者,为虽有质量管理体系,但未能很好贯彻执行,对混凝土生产过程中的质量控制时紧时松;质量水平属三类者,为未建立健全的质量管理体系,不能推行全面质量管理。

B. 0.2 混凝土强度等于和大于规定强度等级的百分率,是按强度的正态分布规律确定的,并考虑了样本和总体之间存在的理论关系。

C. 0.1、C. 0.2 混凝土的施工配制强度可由各施工单位根据本单位的具體条件确定。确定施工配制强度,是各施工单位为了使混凝土能以较大概率通过合格评定而采取的技术措施。同时,还应考虑企业的经济效益和社会效益。

本标准给出了计算公式,表 C 即是按该公式计算而得。 σ 为强度标准差,它是由强度等级相同,配合比及生产条件基本相同的混凝土试件,在 28d 龄期内统计而得。对预制混凝土构件厂,其统计期可为 1~3 个月;对现场搅拌混凝土的生产单位,其统计期可视具体情况确定,但不宜超过三个月。用于计算混凝土施工配制强度的标准差,应能反映本单位的施工生产管理水平。本标准附录 B 中表 B 所列的混凝土强度标准差,可供计算施工配制强度时参考。

根据强度等级和强度标准差计算混凝土配制强度时,既考虑了目前混凝土生产单位的质量管理水平,还规定了强度标准差的下限值。对 C15、C20、C25 级的混凝土,其强度标准差下限值可取 2.5N/mm^2 ;对于大于或等于 C30 级的混凝土,其强度标准差下限值可取 3.0N/mm^2 。特别应指出,当零小工程应用小样本方法评定混凝土强度时,其施工配制强度所采用的标准差值,不宜小于本标准附录 B 表 B 中现场集中搅拌混凝土的施工单位二类质量水平的 σ 值,因为小样本方法是根据上述质量水平的 σ 值推导出的。

混凝土强度检验评定示例

【例1】 某混凝土预制构件厂生产的构件,其要求的混凝土强度等级为 C60,前一个统计期(1990 年一季度)17 批 68 组(即 $n=68$)试件抗压强度数据列入例表 1。试按例表 1 给出的数据,计算其标准差,并按标准差已知的统计方法对该厂二季度的混凝土强度(数据列入例表 2)进行合格评定。

1990 年一季度混凝土试件强度值

例表 1

生产 月份	混凝土每组试件抗压强度值(N/mm ²)										
一	61.9	66.7	68.5	72.8	73.5	63.9	62.5	73.6	71.3	62.8	69.2
月	65.5	64.1	73.4	74.5	65.9	68.0	66.5	72.8	70.5		
二	71.2	69.0	79.7	76.7	69.7	68.7	76.3	60.0	66.7	70.4	71.5
	67.5	70.6	68.0	69.4	73.8	79.7	70.0	81.8	76.1	68.0	71.6
月	76.9	70.3									
三	68.2	65.7	68.8	74.4	73.6	75.6	70.2	69.7	66.4	70.1	
	70.7	71.8	74.6	71.0	77.1	72.7	77.0	86.3	70.1	70.7	
月	68.0	72.7	73.9	73.4							

解:(1)由例表 1 数据,按本标准(4.1.2)式计算验收批标准差:

$$\begin{aligned}
 n &= 68 \\
 m_{0fcu} &= \frac{61.9 + 66.7 + 68.5 + \cdots + 73.4}{68} \\
 &= 70.8 (\text{N/mm}^2) \\
 \sigma_0 &= \sqrt{\frac{(61.9^2 + 66.7^2 + 68.5^2 + \cdots + 73.4^2) - 68 \times 70.8^2}{68 - 1}} \\
 &= 4.6 (\text{N/mm}^2)
 \end{aligned}$$

各批混凝土试件强度及评定结果

例表 2

批号	$f_{cu,4}$	$f_{cu,3}$	$f_{cu,2}$	$f_{cu,1}$	m_{fcu}	评定结果	评定条件
1	82.6	81.5	72.2	66.2	75.6	+	$m_{fcu} \geq 63.7 \text{ N/mm}^2$ $f_{fcu,min} \geq 56.1 \text{ N/mm}^2$
2	77.0	76.9	72.5	71.4	74.5	+	
3	72.3	72.1	70.6	66.2	70.3	+	
4	81.0	79.5	74.3	68.7	75.9	+	
5	78.8	74.7	72.2	68.6	73.6	+	
6	66.7	64.8	60.8	57.3	62.4 *	-	
7	74.0	73.0	72.4	70.0	72.4	+	
8	81.1	78.6	77.0	75.7	78.1	+	
9	72.6	70.6	69.3	63.0	68.9	+	
10	75.9	68.7	67.0	64.4	69.0	+	
11	74.6	71.5	70.7	67.7	71.1	+	
12	71.7	68.8	67.8	64.7	68.3	+	
13	72.7	72.7	72.5	70.2	72.0	+	
14	76.8	73.8	72.6	63.9	71.8	+	
15	70.7	68.3	67.3	64.2	67.6	+	
16	69.6	65.3	65.3	55.8 *	64.0	-	
17	71.1	70.2	69.6	68.2	69.8	+	
18	81.4	80.7	77.1	68.5	76.9	+	

注：①表中 $f_{cu,4}$ 、 $f_{cu,3}$ 、 $f_{cu,2}$ 、 $f_{cu,1}$ 系按从大到小排列，即 $f_{cu,1}$ 为最小；

② m_{fcu} 为一验收批四组试件强度的平均值。

(2) 按本标准(4.1.1—1)式和(4.1.1—2)式计算验收批均值 m_{fcu} 及最小值 $f_{fcu,min}$ 的验收界限值：

$$[m_{fcu}] = f_{cu,k} + 0.8\sigma_0 = 60 + 0.8 \times 4.6 = 63.7 (\text{N/mm}^2)$$

$$[f_{fcu,min}] = f_{cu,k} - 0.85\sigma_0 = 60 - 0.85 \times 4.6 = 56.1 (\text{N/mm}^2)$$

(3) 逐批进行强度合格评定：

用以上计得的验收界限值 63.7 N/mm^2 和 56.1 N/mm^2 ，分别与例表 2 所列各批平均值 m_{fcu} 和最小值 $f_{cu,1}$ 逐一比较，只要平均值或最小值有一项不合格，则评定为不合格。如例表 2 中第 6 批为试件平均值不合格，第 16 批为试件最小值不合格(强度值不合格者用 * 表示)。对评定合格者，在评定结果栏中划“+”，不合格者划“-”。

【例 2】 某现场集中搅拌的混凝土，其要求强度等级为 C20，2 批试件强度数据见例表 3。因无同类混凝土的前期统计资料，试按标准差未知方法对上述 2 批混凝土强度进行合格评定。

混凝土试件强度数据

例表 3

批号	$f_{cu,i} (N/mm^2)$										
1	18.6	19.7	31.1	22.0	33.8	34.1	31.8	33.5	32.9	28.9	
	32.7	30.3	28.2	19.0	27.8	27.5	19.6	26.8	25.9		
2	21.3	30.2	14.4	14.7	16.1	35.2	16.3	16.6	15.9	16.2	14.3
	11.7	14.3	34.8	16.2	19.0	13.3	28.0	17.9	27.3	24.2	24.4
	17.2	18.5	16.5	15.8	24.4	15.0	23.1	14.1	17.1	12.9	29.4
	21.9	17.3									

解: (1) 按本标准(4.2.2)式分别计算同一批混凝土试件的强度标准差:

$$n_1 = 19$$

$$n_2 = 35$$

$$m_{2f_{cu,1}} = \frac{18.6 + 19.7 + 31.1 + \dots + 25.9}{19} = 27.6 (N/mm^2)$$

$$m_{2f_{cu,2}} = \frac{21.3 + 30.2 + 14.4 + \dots + 17.3}{35} = 19.6 (N/mm^2)$$

$$s_1 = \sqrt{\frac{(18.6^2 + 19.7^2 + 31.1^2 + \dots + 25.9^2) - 19 \times 27.6^2}{19 - 1}}$$

$$= 5.4 (N/mm^2)$$

$$s_2 = \sqrt{\frac{(21.3^2 + 30.2^2 + 14.4^2 + \dots + 17.3^2) - 35 \times 19.6^2}{35 - 1}}$$

$$= 6.2 (N/mm^2)$$

(2) 按本标准(4.2.1-1)式和(4.2.1-2)式计算各批混凝土的验收界限值:

第 1 批

$$[m_{2f_{cu,1}}] = f_{cu,k} + 0.95s_{f_{cu}} = 20 + 0.95 \times 5.4 = 25.1 (N/mm^2)$$

$$[f_{2cu,min,1}] = f_{cu,k} - A \cdot B = 20 - 1.1 \times 4.5 = 15.1 (N/mm^2)$$

第 2 批

$$[m_{2f_{cu,2}}] = f_{cu,k} + 0.95s_{f_{cu}} = 20 + 0.95 \times 6.2 = 25.9 (N/mm^2)$$

$$[f_{2cu,min,2}] = f_{cu,k} - A \cdot B = 20 - 1.2 \times 4.5 = 14.6 (N/mm^2)$$

(3) 评定混凝土强度:

第 1 批

$$m_{2fcu,1} = 27.6 (\text{N/mm}^2)$$

$$f_{2cu,min,1} = 18.6 (\text{N/mm}^2)$$

$$m_{2fcu,1} > [m_{2fcu,1}] = 25.1 (\text{N/mm}^2)$$

$$f_{2cu,min,1} > [f_{2cu,min,1}] = 15.1 (\text{N/mm}^2)$$

所以该批混凝土强度评为合格

第 2 批

$$m_{2fcu,2} = 19.6 (\text{N/mm}^2)$$

$$f_{2cu,min,2} = 11.7 (\text{N/mm}^2)$$

$$m_{2fcu,2} < [m_{2fcu,2}] = 25.9 (\text{N/mm}^2)$$

$$f_{2cu,min,2} < [f_{2cu,min,2}] = 14.6 (\text{N/mm}^2)$$

所以该批混凝土强度评为不合格。